# Дискретна математика
# Упражнение

Exonaut

12 май 2021 г.

# Съдържание

# 1 Упражнение 1: Логика и логически оператори

### Задача 1

Кои от следните изречения са съждения? Какъв е резултатът от тези съждения?

1. "Китай е държава с най - много жители в света."(Съждение с резултат "Истина")
2. "София е най - големия град в света."(Съждение с резултат "Лъжа")
3. "Не пресичай улицата!"(Не е съждение, а команда)
4. "Колко е часът?"(Не е съждение, а въпрос)
5. $4 + 1 = 5$ (Съждение с резултат "Истина")
6. $4 + x = 5$ (Предикат: Истина, ако $x = 1$; Лъжа, ако $x \neq 1$)
7. $4 + x = 5$, ако $x = 1$ (Съждение с резултат "Истина")

### Задача 2

Нека p, q, r са следните прости съждения:
p: "Разболяваш се."
q: "**Не** можеш да вземеш финалния изпит."
r: "Посещавал си теоретични курсове"
Да се опишат семантично следните комбинирани съждения:

1. $p \rightarrow q$ - "Ако си болен, няма да можеш да си вземеш финалния изпит."
2. $q \Leftrightarrow \neg r$ - "Няма да вземеш финалния изпит тогава и само тогава, когато не си посещавал теоретичния курс."
3. $q \rightarrow \neg r$ - "Ако не си взел финалния изпит, то тогава следва, че не си посещавал теоретичния курс."

4. $p \vee q \vee r$ - "(Ти си болен) или (не си взел финалния изпит) или (не си посещавал теоретичния курс) или и трите заедно."

5. $(p \rightarrow \neg r) \vee (q \rightarrow \neg r)$ - "(Ако си болен, тогава не си посещавал теоретичния курс) или (ако не си взел финалния изпит, тно не си посещавал теоретичния курс) - или и двете заедно."

6. $(p \wedge q) \vee (\neg q \wedge r)$ - "[(Болен си) и (не си взел финалния изпит)] или [(си взел финалния изпит) и (си посещавал теоретичния курс)]."

**Задача 3**

Нека p, q, r са следните прости съждения:
p: "Получил си 6 за годината."
q: "Решил си правилно всички домашни работи."
r: "Получил си 6 за всеки учебен срок."
Да се опишат следните комбинирани съждения с логически изрази:

1. "(Получил си 6 за всеки от сроковете), но (не си решил правилно всички домашни работи) $r \wedge \neg q$

2. "(Получил си 6 за годината) и ( си решил правилно всички домашни работи) и (си получил си 6 за всеки учебен срок). $p \wedge q \wedge r$

3. "Ако (имаш 6 за всеки учебен срок), то (ще имаш 6 за годината).- $r \rightarrow q$

4. "(Получил си 6 за всеки учебен срок), но (не си решил правилно всички домашни работи), но въпреки това (си получил 6 за годината). $r \wedge \neg q \wedge p$

5. "(Получаването на 6 за всеки учебен срок) и (правилното решаване на всички домашни работи) е достатъчно условие за (получаване на 6 за годината). $(r \wedge q) \rightarrow p$

6. "(Ти си получил 6 за годината) тогава и само тогава когато [(си решил правилно всички домашни работи) и (си получил 6 за всеки учебен срок)]. $\Leftrightarrow (q \wedge r)$

**Задача 4**

Да се състави таблица на истинност за следните комбинирани съждения:

1. $\neg p \otimes \neg p$
2. $(p \vee q) \wedge \neg r$
3. $(p \to q) \to r$
4. $(p \wedge \neg q) \Leftrightarrow (p \wedge r)$

Решение:

1. $\neg p \otimes \neg p$

| **p** | **q** | $\neg p$ | $\neg q$ | $\neg p \otimes \neg p$ |
|---|---|---|---|---|
| F | F | T | T | F |
| F | T | T | F | T |
| T | F | F | T | T |
| T | T | F | F | F |

2. $(p \vee q) \wedge \neg r$

| p | q | r | $p \vee q$ | $\neg r$ | $(p \vee q) \wedge \neg r$ |
|---|---|---|---|---|---|
| F | F | F | F | T | F |
| F | F | T | F | F | F |
| F | T | F | T | T | T |
| F | T | T | T | F | F |
| T | F | F | T | T | T |
| T | F | T | T | F | F |
| T | T | F | T | T | T |
| T | T | T | T | F | F |

3. $(p \to q) \to r$

| p | q | $p \to q$ | r | $(p \to q) \to r$ |
|---|---|---|---|---|
| F | F | T | F | F |
| F | F | T | T | T |
| F | T | T | F | F |
| F | T | T | T | T |
| T | F | F | F | T |
| T | F | F | T | T |
| T | T | T | F | F |
| T | T | T | T | T |

4. $(p \land \neg q) \Leftrightarrow (p \land r)$

| p | q | r | $\neg q$ | $p \land \neg q$ | $p \land r$ | $(p \land \neg q) \Leftrightarrow (p \land r)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| F | F | F | T | F | F | T |
| F | F | T | T | F | F | T |
| F | T | F | F | F | F | T |
| F | T | T | F | F | F | T |
| T | F | F | T | T | F | F |
| T | F | T | T | T | T | T |
| T | T | F | F | F | F | T |
| T | T | T | F | F | T | T |

**Задача 5**

Да се докаже по 2 начина, че всеки от следните логически изрази е тавтология:
1. Чрез таблица на истинност.
2. Чрез закони за еквивалентно преобразуване.

1. $(p \land q) \to q$
2. $[\neg p \land (p \lor q)] \to q$

3. $[p \wedge (p \to q)] \to q$

Решение:

1. $(p \wedge q) \to q$

| p | q | $p \wedge q$ | $(p \wedge q) \to q$ |
|---|---|---|---|
| F | F | F | T |
| F | T | F | T |
| T | F | F | T |
| T | T | T | T |

$(p \wedge q) \to q$
$\Leftrightarrow \neg(p \wedge q) \vee q$ (закон за импликация)
$\Leftrightarrow (\neg p \vee q) \wedge q$ (закон на де Морган)
$\Leftrightarrow \neg p \vee (\neg q \vee q)$ (асоциативен закон)
$\Leftrightarrow \neg p \vee T$ (закон за тривиална тавтология)
$\Leftrightarrow T$ (закон за доминиране)

2. $[\neg p \wedge (p \vee q)] \to q$

| p | q | $\neg p$ | $p \vee q$ | $\neg p \wedge (p \vee q)$ | $[\neg p \wedge (p \vee q)] \to q$ |
|---|---|---|---|---|---|
| F | F | T | F | F | T |
| F | T | T | T | T | T |
| T | F | F | T | F | T |
| T | T | F | T | F | T |

$[\neg p \wedge (p \vee q)] \to q$
$\Leftrightarrow \neg[\neg p \wedge (p \vee q)] \vee q$ (закон за импликация)
$\Leftrightarrow [\neg\neg p \vee (p \vee q)] \vee q$ (закон на де Морган)
$\Leftrightarrow [p \vee \neg(p \vee q)] \vee q$ (закон за двойното отрицание)
$\Leftrightarrow (p \vee q) \vee \neg(p \vee q)$ (асоциативен закон)
$\Leftrightarrow T$ (закон тривиална тавтология)

3. $[p \wedge (p \rightarrow q)] \rightarrow q$

| p | q | $p \rightarrow q$ | $p \wedge (p \rightarrow q)$ | $[p \wedge (p \rightarrow q)] \rightarrow q$ |
|---|---|---|---|---|
| F | F | T | F | T |
| F | T | T | F | T |
| T | F | F | F | T |
| T | T | T | T | T |

$[p \wedge (p \rightarrow q)] \rightarrow q$
$\Leftrightarrow [p \wedge (\neg p \vee q)] \rightarrow q$ (закон за импликация)
$\Leftrightarrow [(p \wedge \neg p) \vee (p \wedge q)] \rightarrow q$ (дистрибутивен закон)
$\Leftrightarrow [F \vee (p \wedge q)] \rightarrow q$ (закон за тривиално опровержение)
$\Leftrightarrow (p \wedge q) \rightarrow q$ (комутативен закон и закон за идентичност)
$\Leftrightarrow T$ (доказано в 1.)

# 2 Упражнение 2: Предикати и предикатни функции

### Задача 1

Нека $P(x, y)$ е предикатна функция, съответстваща на следното твърдение $x + 2y = x + y$, където x и y са цели числа. Какъв е резултатът от:

1. $P(1, -1)$

$$P(1, -1) \Leftrightarrow 1 + 2 \cdot (-1) = 1 - 1 \Leftrightarrow -1 = 0 \quad \text{Лъжа}$$

2. $P(0, 0)$

$$P(0, 0) \Leftrightarrow 0 + 2 \cdot 0 = 0 + 0 \Leftrightarrow 0 = 0 \quad \text{Истина}$$

3. $P(2, 1)$

$$P(2, 1) \Leftrightarrow 2 + 2 \cdot 1 = 2 + 1 \Leftrightarrow 4 = 3 \quad \text{Лъжа}$$

### Задача 2

Нека $Q(x)$ е предикатна функция, съответстваща на следното твърдение $x + 1 = 2x$, където x е реално число. Какъв е резултатът от:

1. $Q(2)$

$$Q(2) \Leftrightarrow 2 + 1 = 2 \cdot 2 \Leftrightarrow 3 = 4 \quad \text{Лъжа}$$

2. $\forall x Q(x)$

$$\forall x Q(x) \implies \quad \text{Лъжа}$$

3. $\exists x Q(x)$

$$\exists x Q(x) \Leftrightarrow \exists x = 1 \text{ което е решение на } Q(x)$$

### Задача 3

Нека $R(x)$ е предикатна функция, съответстваща на следното твърдение: "ако $x + 3 = 6$, то $x + 8 = 16$". Какъв е резултатът от:

1. $R(3)$

$$3 + 3 = 6\,T \quad 3 + 8 = 16\,F \implies \quad \text{Лъжа}$$

2. $R(8)$
$$8+3=6\,F \quad 8+8=16\,T \implies \text{Истина}$$

3. $R(2)$
$$2+3=6\,F \quad 2+8=16\,F \implies \text{Истина}$$

4. $\exists(x)(R(x)) \quad x \in \mathbb{Z}$
$$x+3=6, x=3\,T \quad 3+8=16\,F \implies \text{Лъжа}$$

**Задача 4**

Нека е известно:
X - множеството на всички хора,
$x \in X$
C(x) е предикат: "x е комик"
F(x) е предикат: "x умее да разказва смешни истории"
Да се опишат семантично следните комбинирани предикати:

1. $\exists x C(x)$ - "Съществува човек, който е комик."
2. $\exists x \neg C(x)$ - "Не всеки човек е комик."или "Съществува човек, който не е комик."
3. $\forall x \neg C(x)$ - "Всеки човек е комик."
4. $\neg \forall x C(x)$ - "Никой не е комик."
5. $\exists x \neg F(x)$ - "Съществува човек, който не умее да разказва смешни истории."
6. $\forall x \neg F(x)$ - "Никой (нито един човек) не умее да разказва смешни истории."
7. $\forall x (C(x) \to F(x))$ - "Всеки човек, който е комик, умее да разказва смешни истории."
8. $\exists x (C(x) \wedge \neg F(x))$ - "Съществува човек, който е комик, но не умее да разказва смешни истории."
9. $\exists x (F(x) \wedge \neg C(x))$ - "Съществува човек, който умее да разказва смешни истории, но не е комик."

10. $\forall x(C(x) \wedge F(x))$ - "Всеки човек е комик и умее да разказва смешни истории."

11. $\exists x(C(x) \wedge F(x))$ - "Съществува човек, който е комик и умее да разказва смешни истории."

### Задача 5

Ако с X е означено множеството навсички студенти от ФКСУ, нека са известни следните предикати:
$P(x)$: "x е взел изпита по ДС
$Q(x)$: "x знае да програмира на езика C ++".
Опишете чрез логически изрази следните комбинирани предикати, на простите предикати P(x) и Q(x), изпо лзвайки кванторите за общност и съществуване $\forall$ и $\exists$ и необходимите логически оператори.

1. "Съществува студентот ФКСУ, който е взел изпита по ДС и знае да програмира на езика C ++. $\exists x(P(x) \wedge Q(x))$

2. "Съществува студентот ФКСУ,който не знае да програмира на езика C++, но е взел изпита по ДС. $\exists x(P(x) \wedge \neg Q(x))$

3. "Всички студенти от ФКСУ, които знаят да програмират на езика C++, са взели изпита по ДС. $\forall x(Q(x) \rightarrow P(x))$

4. "Само някои от студентитеот ФК СУ, които знаят да програмират на езика C++, са взели из пита по ДС. $\exists x(Q(x) \rightarrow P(x))$

5. "Всички студенти от ФКСУ знаят да програмират на езика C++ ИЛИса взели изпита по ДС. $\forall x(P(x) \vee Q(x))$

### Задача 6

Да се определи резултатът от следните твърдения:

1. $\exists x(x^3 = -1 \wedge x \in \mathbb{R})$

$$\exists x(x^3 = -1 \wedge x \in \mathbb{R}) \Leftrightarrow x = -1 \in \mathbb{R} \implies \text{Истина}$$

2. $\exists x(x^3 = -1 \wedge x \in \mathbb{N})$

$$\exists x(x^3 = -1 \wedge x \in \mathbb{N}) \Leftrightarrow x = -1 \notin \mathbb{N} \implies \text{Лъжа}$$

3. $\forall x(2x > x \wedge x \in \mathbb{R})$

$$\forall x(2x > x \wedge x \in \mathbb{R}) \Leftrightarrow x > 0 \wedge x \in R \implies \text{Лъжа}$$

4. $\forall x(2x \geq x \wedge x \in \mathbb{N})$

$$\forall x(2x > x \wedge x \in \mathbb{R}) \Leftrightarrow x \geq 0 \wedge x \in R \implies \text{Истина}$$

# 3 Упражнение 3: Теория на множествата

### Задача 1

Нека A е универсалното множество, а
$F(A)$ е предикат "A е крайно множество.
$I(A)$ е предикат "A е безкрайно множество.
$S(A, B)$ е предикат "A се съдържа в B.
$E(A)$ е предикат "Ae празно множество."
Да се запишат с логически изрази следните съждения:

1. "Не всички множества са крайни."
$$\exists A I(A) \qquad \exists A \neg F(A)$$
2. "Всяко подмножество на крайно множество е крайномножество."
$$\exists A \exists B[(S(A, B) \wedge F(B)) \rightarrow F(A)]$$
3. "Никое безкрайно множество не се съдържа в крайно множество."
$$\exists A \exists B[(I(A) \wedge S(A, B) \wedge F(B)) \rightarrow \varnothing]$$
4. "Празното множество е подмножество на всяко крайно множество."
$$\exists A \exists B[(E(A) \wedge F(B)) \rightarrow S(A, B)]$$
5. "Празното множество е подмножество на всяко безкрайно множество."
$$\exists A \exists B[(E(A) \wedge I(B)) \rightarrow S(A, B)]$$

### Задача 2

Да се запишат членовете на всяко от следните множества:

1. $X\{x | x \in \mathbb{Z} \wedge x^2 = 4\} = \{-2, 2\}$
2. $X\{x | x \in \mathbb{N} \wedge x^2 = 4\} = \{2\}$
3. $X\{x | x \in \mathbb{Z} \wedge x^2 = 5\} = \{\} = \varnothing$

4. $X\{5x|x \in \mathbb{Z} \wedge -2 \leq x^2 \leq 2\} = \{-5, 0, 5\}$
5. $X\{x|x \in \mathbb{N} \wedge x^2 \in \{1, 4, 9\}\} = \{1, 2, 3\}$
6. $X\{x|x \in \mathbb{Z} \wedge x^2 \in \{1, 4, 9\}\} = \{-3, -2, -1, 1, 2, 3\}$

**Задача 3**

Да се запишат посочените множества чрез използване на функция на принадлежност към даденото множество

1. $X = \{0, 3, 6, 9, 12\} = \{3x|x \in Z \wedge 0 \leq x \leq 4\}$
2. $X = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\} = \{x|x \in Z \wedge |x| \geq 3\}$
3. $X = \{1, 4, 8, 16, 25, 36, 49\} = \{x^2|x \in Z \wedge -7 \leq x \leq 7 \wedge x \neq 0\}$

**Задача 6**

Истина ли е твърдението $A - (B \cap C) = (A - B) \cup (A - C)$

$A-(B\cap C) = A\cap\neg(B\cap C) = A\cap(\neg B\cap\neg C) = (A\cap\neg B)\cup(A\cap\neg C) = (A-B)\cup(A-C)$

**Задача 7**

Истина ли е твърдението $A - (B \cap C) = (A - B) \cap (A - C)$

$$A - (B \cap C) = (A - B) \cup (A - C)[\text{ зад. } 6] \neq (A - B) \cap (A - C)$$

# Задача 4

**Задача 4:** Нека $A=\{a,\ b,\ c\}$. Какъв е резултатът ("ИСТИНА" или "ЛЪЖА") от следните твърдения?

А) $\{b,c\} \in P(A)$

| | | |
|---|---|---|
| Б') $\{\{a\}\} \subseteq P(A)$, | Б") $\{\{a\}\} \in P(A)$ | |
| В') $\varnothing \subseteq A$ | В") $\varnothing \in A$ | |
| Г') $\{\varnothing\} \in P(A)$ | Г") $\{\varnothing\} \subseteq P(A)$ | |
| Д') $\varnothing \subseteq A \times A$ | Д") $\varnothing \in A \times A$ | |
| Е') $\{a,c\} \in A$ | Е") $\{a,c\} \subseteq A$ | Е"') $\{a,c\} \in AxA$ |
| Ж') $\{a,c\} \in P(A)$ | Ж") $\{a,c\} \subseteq P(A)$ | |
| З') $(c,c) \in A \times A$ | З") $\{c,c\} \in A \times A$ | |
| И') $\{c,c\} \in A$ | И") $\{c,c\} \subseteq A$ | |

***Решение:***

$$A=\{a,b,c\} \Rightarrow P(A)=\{\varnothing,\ \{a\},\ \{b\},\ \{c\},\ \{a,b\},\ \{b,c\},\ \{c,a\},\ \{a,b,c\}\ \}$$

А) $\{b,c\} \in P(A)$ - "ИСТИНА"

Б') $\{\{a\}\} \subseteq P(A)$ - "ИСТИНА"

Б") $\{\{a\}\} \in P(A)$ - " ЛЪЖА", $\{a\} \neq \{\{a\}\}$

В') $\varnothing \subseteq A$ -"ИСТИНА"

В") $\varnothing \in A$ - "ЛЪЖА"

Г') $\{\varnothing\} \in P(A)$ - " ЛЪЖА", $\varnothing \neq \{\varnothing\}$

Г") $\{\varnothing\} \subseteq P(A)$ - "ИСТИНА"

Д') $\varnothing \subseteq A \times A$ - "ИСТИНА"

Д") $\varnothing \in A \times A$ - " ЛЪЖА"

Е') $\{a,c\} \in A$ - " ЛЪЖА"

Е") $\{a,c\} \subseteq A$ - "ИСТИНА"

Е"')$\{a,c\} \in AxA$-"ЛЪЖА"

Ж') $\{a,c\} \in P(A)$ - "ИСТИНА"

Ж") $\{a,c\} \subseteq P(A)$ - "ЛЪЖА"

З') $(c,c) \in A \times A$ - "ИСТИНА"

З") $\{c,c\} \in A \times A$ - "ЛЪЖА"

И') $\{c,c\} \in A$ - "ЛЪЖА", $\{c,c\} = \{c\} \notin A$

И") $\{c,c\} \subseteq A$ - "ИСТИНА" $\{c,c\} = \{c\} \subseteq A$

| *A* x *A* | *a* | *b* | *c* |
|---|---|---|---|
| *a* | (*a*, *a*) | (a, *b*) | (*a*, *c*) |
| *b* | (*b*, *a*) | (*b*, *b*) | (*b*, *c*) |
| *c* | (*c*, *a*) | (*c*, *b*) | (*c*, *c*) |

$$A \text{ x } A=\{(a,a),\ (a,b),\ (a,c),\ (b,a),\ (b,b),(b,c),\ (c,a),\ (c,b),\ (c,c)\}$$

**Задача 5:** Докажете, че: $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$ чрез използване на:

а) правилата за доказателство;
б) таблица с поелементно сравняване;
в) законите за еквивалентни преобразувания на множества;
г) диаграма на Вен.

***Решение:***

**$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$ ?**

а) Използване на правилата за доказателство:

$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$:

Нека $x \in A \cap (B \cup C)$
$\Leftrightarrow x \in A \wedge x \in (B \cup C)$,
$\Leftrightarrow x \in A \wedge$ (или $x \in B$ или $x \in C$),
$\Leftrightarrow$ ИЛИ ($x \in A \wedge x \in B$), ИЛИ ($x \in A \wedge x \in C$),
$\Leftrightarrow x \in (A \cap B) \cup (A \cap C)$.
Следователно, горното твърдение е доказано.

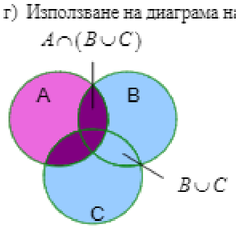
б) Използване на таблица с поелементно сравняване:

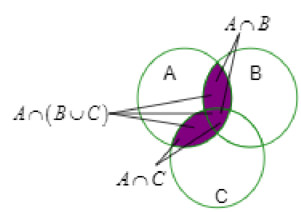
| A | B | C | $B \cup C$ | **$A \cap (B \cup C)$** | $A \cap B$ | $A \cap C$ | **$(A \cap B) \cup (A \cap C)$** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | **0** |
| 0 | 0 | 1 | 1 | **0** | 0 | 0 | **0** |
| 0 | 1 | 0 | 1 | **0** | 0 | 0 | **0** |
| 0 | 1 | 1 | 1 | **0** | 0 | 0 | **0** |
| 1 | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | **0** |
| 1 | 0 | 1 | 1 | **1** | 0 | 1 | **1** |
| 1 | 1 | 0 | 1 | **1** | 1 | 0 | **1** |
| 1 | 1 | 1 | 1 | **1** | 1 | 1 | **1** |

в) Използване на законите за еквивалентни преобразувания на множества:

**$(A \cap B) \cup (A \cap C) =$**
$= [A \cup (A \cap C)\ ] \cap [(B \cup (A \cap C)\ ] =$
$= A \cap [B \cup (A \cap C)] =$
$= A \cap [(B \cup A) \cap (B \cup C)] =$
$= [A \cap (B \cup A)] \cap (B \cup C) =$
$=$ **$A \cap (B \cup C)$**

г) Използване на диаграма на Вен:



**Задача 9**

Истина или лъжа е следното твърдение $A \otimes (B \otimes C) = (A \otimes B) \otimes C$

| A | B | C | $A \otimes B$ | $B \otimes C$ | $A \otimes (B \otimes C)$ | $(A \otimes B) \otimes C$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

### Задача 10

Какъв ще е резултатът от следните твърдения?

1. $A - (B - C) = (A - B) - C$
2. $(A - C) - (B - C) = A - B$
3. $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$
4. $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
5. $A \cup C = B \cup C \implies A = B$
6. $A \cap C = B \cap C \implies A = B$
7. $A \otimes B = A \implies B = A$

а) $A - (B - C) = (A - B) - C$ ?
$\mathbf{A-(B-C)}=A-(B\cap\neg C)=A\cap\neg(B\cap\neg C)=A\cap(\neg B\cup\neg\neg C)=\mathbf{A\cap(\neg B\cup C)}$
$(A-B)-C=(A-B)\cap\neg C=(A\cap\neg B)\cap\neg C=\mathbf{A\cap(\neg B\cap\neg C)}$
$\mathbf{A\cap(\neg B\cup C) \neq A\cap(\neg B\cap\neg C) \Rightarrow}$ **ЛЪЖА**

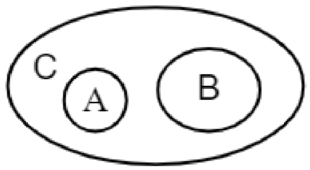
б) $(A - C) - (B - C) = A - B$ ?
$\mathbf{(A - C) - (B - C)} =$
$= (A\cap\neg C) - (B\cap\neg C) = (A\cap\neg C) \cap \neg(B\cap\neg C) =$
$= (A\cap\neg C) \cap (\neg B\cup\neg\neg C) = (A\cap\neg C) \cap (\neg B\cup C) = A \cap \neg C \cap (C\cup\neg B) =$
$= A\cap[(\neg C\cap C)\cup(\neg C\cap\neg B)]= A\cap[\varnothing\cup(\neg C\cap\neg B)] = A\cap(\neg C\cap\neg B) = A\cap(\neg B\cap\neg C) =$
$= (A \cap \neg B) \cap \neg C = (A - B) \cap \neg C = \mathbf{(A - B) - C \neq A-B \Rightarrow}$ **ЛЪЖА**

в) $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ ?
$\mathbf{(A \cup B) \cap (A \cup C)} =$
$= [A \cap (A \cup C)] \cup [(B \cap (A \cup C)] =$
$= A \cup [B \cap (A \cup C)] =$
$= A \cup [(B \cap A) \cup (B \cap C)] =$
$= [A \cup (B \cap A)] \cup (B \cap C) =$
$= \mathbf{A \cup (B \cap C) \Rightarrow}$ **ИСТИНА**

г) $A \cap (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ ?
$\mathbf{(A \cup B) \cap (A \cup C)} =$
$= [(A \cup B) \cap A] \cup [(A \cup B) \cap C) =$
$= A \cup (A \cap C) \cup (B \cap C) =$
$= \mathbf{A \cup (B \cap C) \neq A \cap (B \cap C) \Rightarrow}$ **ЛЪЖА**

д) Ако A ∪ C = B ∪ C, то A = B ?

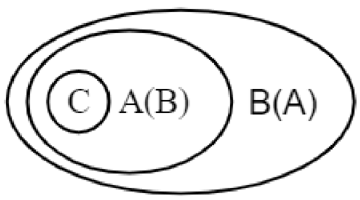
Посоченото твърдение е **ЛЪЖА**, тъй като то не е изпълнено за следните конкретни множества A, B и C, представени чрез диаграма на Вен:




$$\begin{vmatrix} A \cup C = C \\ B \cup C = C \\ A \neq B \end{vmatrix}$$

е) Ако A ∩ C = B ∩ C, то A = B ?

Посоченото твърдение е **ЛЪЖА**, тъй като то не е изпълнено за следните конкретни множества A, B и C, представени чрез диаграма на Вен:




$$\begin{vmatrix} A \cap C = A \\ B \cap C = B \\ A \neq B \end{vmatrix}$$



ж) Ако $A \oplus B = A$, то $B = A$?

Ще докажем резултатът от твърдението чрез използване на таблица на принадлежност.

| $A$ | $B$ | $A \oplus B$ |
|---|---|---|
| ***0*** | ***0*** | ***0*** |
| 0 | 1 | 1 |
| ***1*** | ***0*** | ***1*** |
| 1 | 1 | 0 |

При $A = 1,\ B = 0 \Rightarrow A \oplus B = 1$, но $A \neq B \Rightarrow$ Твърдението "Ако $A \oplus B = A$, то $B = A$" е **ЛЪЖА.**

# 4 Упражнение 4: Математически доказателства

### Задача 1

За всеки от следващите аргументи кои правила за доказателство са използвани на всяка стъпка?

1. "Студентката от ТУ-София Петя има собствена кола. Всеки, който има кола, пътува по-удобно и по-бързо. Следователно, съществува студент от ТУ-София, който пътува по-удобно и по-бързо."

2. "Всеки от петимата студенти от ТУ-София Иван, Георги, Петър, Стоян и Никола е взел успешно изпита по ТЕ-1. Всеки студент, който е взел успешно ТЕ-1 има право да се яви на изпит по ТЕ-2. Следователно, и петте гореспоменати момчета могат да се явят на изпит по ТЕ-2 през лятната сесия."

Решение:

1. Нека: X - множество на всички студенти, x- произволен студент
   c(x) - "x е студент от ТУ-София."
   p(x) - "x има собствена кола"
   s(x) - "x се придвижва по-удобно и по-бързо."
   Доказателство:
   Изходни хипотези: c(Петя), p(Петя) и$\forall x(p(x) \to s(x))$.
   Заключение:$\exists x(c(x) \wedge s(x))$.

   (а) $\forall x(p(x) \to s(x))$ Хипотеза
   (б) p(Петя) $\to$ s(Петя) Универсално следствие (Universal instantiation) от а
   (в) p(Петя) Хипотеза
   (г) s(Петя) Закон на безразличие (Modus Ponens) от б и в
   (д) c(Петя) Хипотеза
   (е) c(Петя) $\wedge$ s(Петя) Конюнкция ( Conjunction)от г и д
   (ж) $\exists x(c(x) \wedge s(x))$ Частично обобщение (Existential generalisation) от е

2. Нека: X – множест во от всички студенти в ТУ-София; x – произволен студентот X.
   f(x) - "x е един от петимата студенти Иван, Георги, Петър, Стоян и Никола."
   $t_1(x)$ - "x е взел успешно изпита по ТЕ-1."
   $t_2(x)$ - "x има право да се яви на изпит по ТЕ-2."
   y - произволен студент от петиматапо-горе.
   Изходни хипотези:$\forall x(f(x) \to t_1(x))$ и$\forall x(t_1(x) \to t_2(x))$
   Заключение:$\forall x(f(x) \to t_2(x))$.
   Доказателство:

   (а) $\forall x(f(x) \to t_1(x))$ Хипотеза
   (б) $f(y) \to t_1(x)$ Универсално следствие (Universal instantiation) от а
   (в) $\forall x(t_1(x) \to t_2(x))$ Хипотеза
   (г) $t_1(y) \to t_2(y)$ Универсално следствие (Universal instantiation) от в
   (д) $f(y) \to t_2(y)$ Хипотетичен силогизъм (Hypothetical syllogism) от б и г
   (е) $\forall x(f(x) \to t_2(x))$ Универсално обобщение (Universal generalisation) от д

**Задача 2**

Коректно ли е доказателството на следния аргумент: "Ако $n^2$ не се дели на 3, то n също не е кратно на 3?"
Доказателство: "Ако $n^2$ не се дели на 3, тогава $n^2 \neq 3k, k = 0, 1, \ldots$. Следователно $n \neq 3l, l = 0, 1, ...$, откъдето следва, че n не е кратно на 3."
Решение
От горното доказателство се вижда, че от това, че $n^2 \neq 3k, k = 0, 1, \ldots$ не следва директно, че $n \neq 3l, l = 0, 1, \ldots$ а трябва да се докаже.
За целта ще използваме индиректно доказателство: "Ако n е кратно на 3, то $n^2$ също се дели на 3."
Ако допуснем, че n е кратно на 3 $\implies$

$$n = 3l \implies n^2 = (3l)^2 = 3(3l)^2 = 3k \implies n^2$$

Откъдето следва, че горепосоченият аргумент е верен, но посоченото доказателство е некоректно.

**Задача 3**

Да се докаже, че квадратът на всяко четно число е също четно число чрез:

1. директно доказателство
2. индиректно доказателство
3. използване на контра-пример

Хипотеза p : "n е четно число."Заключение q: "$n^2$ е четно число."

1. директно доказателство $p \to q$
   Нека n е четно число $\implies$ то може да се запише като:
   $$n = 2k, k = 0, 1, ... \implies n^2 = (2k)^2 = 4k^2 = 2(2k^2) \implies n^2$$
2. индиректно доказателство $(\neg p \to \neg q) \Leftrightarrow (p \to q)$
   Нека $n^2$ е нечетно число $\implies$ то може да се запише като:
   $$n^2 = 2k + 1, k = 0, 1, ...$$
   $\implies$ n е нечетно число.
3. използване на контра-пример
   "Ако $n^2$ е нечетно число, то nсъщо е нечетно число."
   Хипотеза 1: "$n^2$ е нечетно число. p
   Хипотеза 2: "n е четно число. $\overline{q}$
   Допускаме, че Хипотеза 2 $\overline{q}$ е вярна $\implies$
   $$n = 2k, k = 0, 1, ... \implies n^2 = (2k)^2 = 2(2k^2) \implies n^2 = 2l \implies n^2$$
   е четно число, т.е. $\overline{p}$, което е в противоречие с Хипотеза 1 p $\implies$ Допускането е грешно $\implies$ Хипотеза 2 не е вярна $\implies$ "n е нечетно число."

**Задача 4**

Да се докаже, че произведението на две рационални числа е също рационално число.
Решение
Директно доказателство: Нека a и b са рационални числа $\implies$ те могат да се запишат във вида
$$a = \frac{k}{l} \quad b = \frac{s}{t} \qquad k, l, s, t \in \mathbb{Z}, l \neq 0, s \neq 0 \implies ab = \frac{ks}{lt}$$

**Задача 5**

Вярно е, че произведението на две ирационални числа е ирационално число?
Решение
Ако $a = b = \sqrt{2} \implies ab = 2$ което е рационално число $\implies$ твърдението е лъжа.

**Задача 6**

Да се докаже, че следващите три твърдения са еквивалентни при $n \in Z$.

1. n е четно число.
2. n+1 е нечетно число.
3. 3n+1 е нечетно число.

$1 \to 2$

$$n = 2k \implies n + 1 = 2k + 1, k \in \mathbb{N}$$

$2 \to 3$

$$n + 1 = 2k + 1 \implies 3n + 1 = 3(2k) + 1 = 2(3k) + 1 = 3n + 1, k \in \mathbb{N}$$

$3 \to 1$

$$3n + 1 = 2k + 1 \implies 3n = 2k, 2k = 2t \implies n = 2k, k, t \in \mathbb{N}$$

**Задача 7**

Да се докаже, че $\sqrt[3]{3}$ е ирационално число!
Решение
$a \in \mathbb{Z}, b \in \mathbb{Z}$ a,b - взаимно прости(Най голям общ делител = 1)

$$\frac{a}{b} = \sqrt[3]{3} \implies \left(\frac{a}{b}\right)^3 = 3 \implies a^3 = 3b^3$$

$a^3$ е кратно на 3 $\implies$ a се дели на 3 $\implies$

$$a = 3k, k \in \mathbb{N} \implies 3b^3 = a^3 = (3k)^3 = 9k^3 \implies b^3 = 9k^3 = 3s, s \in \mathbb{N}$$

$b^3$ е кратно на 3 $\implies$ b се дели на 3 $\implies$

$$b = 3l, l \in \mathbb{N} \implies \frac{a}{b} = \frac{3k}{3l} \implies$$

a и b не са взаимно прости числа (най-големият им общ делител е 3), както допуснахме по-горе $\implies$ Хипотезата, е лъжа $\implies$ $\sqrt[3]{3}$ е ирационално число

# 5 Упражнение 5: Булева алгебра

### Задача 1

Нека функцията $f(x, y, z)$ е дефинирана посредством следната таблица: Да се намери съответни аналитични изрази!

| | | | а | б |
|---|---|---|---|---|
| x | y | z | f(x,y,z) | f(x,y,z) |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

а) $f(x, y, z) = (-x) \cdot (-y) \cdot (-z) + (-x) \cdot y \cdot (-z) + x \cdot y \cdot (-z) + x \cdot y \cdot z$
б) $f(x, y, z) = (-x) \cdot (-y) \cdot z + x \cdot (-y) \cdot (-z) + x \cdot (-y) \cdot z + x \cdot y \cdot z$

### Задача 2

Истина или лъжа са следните твърдения

1. $(a|b = b|a) \Leftrightarrow a = b$

| a | b | $a\|b$ | $b\|a$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |

2. $(a|b) \cdot (c|d) \Leftrightarrow (a + c)|(b + d)$

$$(a|b) \cdot (c|d) = (\overline{a \cdot b}) \cdot (\overline{c \cdot d}) = (\overline{a} + \overline{b}) \cdot (\overline{c} + \overline{d}) = \overline{a} \cdot \overline{c} + \overline{a} \cdot \overline{d} + \overline{b} \cdot \overline{c} + \overline{b} \cdot \overline{d} \quad (1)$$

$$(a+c)|(b+d) = \overline{(a+c)\cdot(b+d)} = \overline{a+c} + \overline{b+d} = \overline{a}\cdot\overline{c} + \overline{b}\cdot\overline{d} \quad (2)$$

От (1) и (2) $\implies (a|b)\cdot(c|d) \neq (a+c)|(b+d)$

# 6 Упражнение 6: Релации

### Задача 1

Да се провери дали всяка от бинарните релации е рефлексивна/антирефлексивна/симетрична/асиметрична/антисиметрична/транзитивна:

1. Релация R върху множеството N, където $(a, b) \in R$ тогава и само тогава когато $a \wedge b$

***Рефлексивна***, тъй като $(a,a) \Leftrightarrow a \vee a,\ \forall a \in N$.

***Симетрична***, тъй като от $\begin{array}{lcl} a \vee b & \Rightarrow & b \vee a, \\ (a,b) \in R & \Rightarrow & (b,a) \in R \end{array}$, $\forall a,b \in N$.

***Не е асиметрична***, тъй като от $\begin{array}{lcl} a \vee b & \Rightarrow & b \vee a, \\ (a,b) \in R & \textit{не} \Rightarrow & (b,a) \notin R \end{array}$, $\forall a,b \in N$

***Не е антисиметрична***, тъй като от $\begin{array}{lcl} (a \vee b) & \wedge\ (b,a) & \text{не} \Rightarrow a = b \\ (a,b) \in R & \wedge\ (b,a) \in R, & \text{не} \Rightarrow a = b \end{array}$, $\forall a,b \in N$.

***Не е транзитивна***, тъй като ако

$\begin{array}{lcl} (a \vee b) \quad \wedge \quad (b \vee c) = (a \wedge c) \vee b & \neq & (a \vee c) \\ (a,b) \in R \quad \wedge \quad (b,c) \in R & \textit{не} \Rightarrow & (a,c) \in R \end{array}$, $\forall a,b,c \in N$.

2. Релация R върху множеството S = {w,x,y,z }, където

$$R = \{(w, w), (w, x), (x, w), (x, x), (x, z), (y, y), (z, y), (z, z)\}$$

***Рефлексивна***, тъй като $(w,w) \in S,\ (x,x) \in S,\ (y,y) \in S,\ (z,z) \in S$.
***Не е симетрична***, тъй като $(x,z) \in R$, но $(z,x) \notin R$.
***Не е асиметрична***, тъй като $(w,x) \in R \wedge (x,w) \in R$.
***Не е антисиметрична***, тъй като $(w,x) \in R \wedge (x,w) \in R$, но $x \neq w$.
***Не е транзитивна***, тъй като $(w,x) \in R \wedge (x,z) \in R$, но $(w,z) \notin R$.

3. Релация R върху множеството $P(x)$ на множеството X = { 1, 2, 3, 4} където $(S, T) \in R$ тогава и само тогава когато $S \subseteq T$

***Рефлексивна***, тъй като $S \subseteq S,\ \forall S \in P(X)$.

***Не е симетрична***, тъй като ако $\begin{array}{c} S \subseteq T \ \ не \Rightarrow T \subseteq S \\ (S,T) \in R \ \ не \Rightarrow (T,S) \in R \end{array}$, $\forall S,T \in P(X)$.

***Не е асиметрична*** , тъй като ако $\begin{array}{c} S \subseteq T \ \ не \Rightarrow T \not\subset S \\ (S,T) \in R \ \ не \Rightarrow (T,S) \notin R \end{array}$, $\forall S,T \in P(X)$.

***Антисиметрична***, тъй като от $\begin{array}{c} S \subseteq T \quad \wedge \quad T \subseteq S \quad \Rightarrow S = T \\ (S,T) \in R \ \wedge (T,S) \in R \ \Rightarrow S = T \end{array}$, $\forall S,T \in P(X)$.

***Транзитивна***, тъй като от $\begin{array}{c} S \subseteq T \quad \wedge \quad T \subseteq G \ \Rightarrow \ S \subseteq G \\ (S,T) \in R \ \wedge (T,G) \in R \Rightarrow (T,G) \in R \end{array}$, $\forall S,T,G \in P(X)$.

**Задача 2**

Нека R и S са релации от вида

$$R = \{(1,2),(1,3),(2,3),(2,4),(3,4)\} \qquad S = \{(2,1),(3,1),(3,2),(4,2)\}$$

Да се определи композицията им $S \circ R$
Решение

$$(b,c) \circ (a,b) = (a,c)$$
$$S \circ R = \{(1,1),(1,2),(2,1),(2,2)\}$$

## Задача 3

**Задача 3:** Нека $R$ е рефлексивна и транзитивна релация. Да се докаже, че $R^n = R,\ \forall n \geq 1,\ n \in N$.

***Решение:***

Съгласно съществуваща в литературата теорема, ако релацията $R$ е транзитивна, то

$R^n \subseteq R,\ \forall n \geq 1,\ n \in N$. (1)

Ако се докаже, че

$R \subseteq R^n,\ \forall n \geq 1,\ n \in N$, (2)

то от (1) и (2) $\Rightarrow R^n = R$.

*Доказателството на* $R \subseteq R^n,\ \forall n \geq 1,\ n \in N$:

Доказателството на $R \subseteq R^n,\ \forall n \geq 1,\ n \in N$ ще се извърши, основавайки се на принципа на пълната математическа индукция:

1. Проверява се верността на (2) при $n = 1 \Rightarrow R = R^1 \Rightarrow$ (2) е вярно при $n = 1$. (2а)
2. Допуска се, че твърдението (2) е изпълнено за

$n = k \Rightarrow R \subseteq R^k,\ k \geq 1,\ k \in N$. (2б)

Тъй като релацията $R$ е рефлексивна $\Rightarrow (b,b) \in R \overset{(2б)}{\Rightarrow} (b,b) \in R^k$

3. Проверява се верността на твърдението (2) за $n = k+1$

$$\left| \begin{array}{l} (a,b) \in R \\ (b,b) \in R^k \\ R^{k+1} = R^k \circ R \Rightarrow (b,b) \circ (a,b) = (a,b) \Rightarrow (a,b) \in R^{k+1} \end{array} \right. \Rightarrow R \subseteq R^{k+1}. \qquad (2в)$$

Съгласно принципа на пълната математическа индукция от (2а), (2б) и (2в) $\Rightarrow R \subseteq R^n,\ \forall n \geq 1,\ n \in N$.

**Задача 4**

Да се състави матрица, описваща следната релация R върху множеството $\{1,2,3,4\}$, където $(a,b) \in R$, тогава и само тогава когато $|a-b| \leq 1$
Решение :

$$M_R = a \begin{array}{c c} & \begin{array}{cccc} & b & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

**Задача 5**

Ако релациите R и S се представят със следните матрици

$$M_R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad M_S = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Определете матриците, които представят $R \cup S$ и $R \cap S$?
Решение:

$$M_{R \cup S} = M_R \vee M_S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad M_{R \cap S} = M_R \wedge M_S = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

### Задача 6

Да се определи релацията по следната матрица

$$M_R = \begin{array}{c|cccc} & V_1 & V_2 & V_3 & V_4 \\ V_1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ V_2 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ V_3 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ V_4 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{array}$$

$$R = \{(1,1),(1,3),(2,1),(2,2),(2,4),(3,1),(3,2),(3,3),(4,1),(4,2),(4,4)\}$$

### Задача 7

**Задача 7:** Какъв е резултатът от следното твърдение: "Ако релацията $R$ е антирефлексивна, то релацията $R^2$ също е антирефлексивна."

***Решение:***

Ако релацията $R$ върху множеството A е антирефлексивна $\Rightarrow (a,a) \notin R, \ \forall a \in A$. Например, ако $S = \{a, \quad b\}$, $R = \{(a,b), \quad (b,a)\}$ то

$R^2 = R \circ R = \{(a,b), \quad (b,a)\} \circ \{(a,b), \quad (b,a)\} = \{(a,a), \quad (b,b)\}$, която е рефлексивна релация.

Отговор: ЛЪЖА

# 7 Упражнение 7: Функции и суми

### Задача 1

Нека са дадени следните множества
$A = \{1, 2, 3, 4\}$
$B = \{a, b, c\}$
$C = \{2, 7, 10\}$
На тяхна основа са дефинирани функциите

$$g : A \to B \qquad f : B \to C$$

по следния начин

$$g = \{(1, b), (2, a), (3, c)\} \qquad f = \{(a, 10), (b, 7), (c, 2)\}$$

Композицията $f \circ g$ е

$$f \circ g = \{(1, b), (2, a), (3, c)\} \circ \{(a, 10), (b, 7), (c, 2)\} = \{(1, 7), (2, 10), (3, 2)\}$$

### Задача 2

Да се намерят обратните функции $f^{-1}$ на следните функции f:

1. $f : A \to B$, $A = \{a, b, c\}$, $B = \{2, 7, 10\}$, $f = \{(a, 10), (b, 7), (c, 2)\}$
   $\forall x \in A \implies \exists y \in B, f(x) = y$
   f е инекция, f е сюрекция $\implies$ f е биекция $\implies$
   $$f^{-1} = \{(10, a), (7, b), (2, c)\}$$

2. $f : A \to B$, A = { Иван, Стоян, Георги, Тони },
   B = { Опел, Форд, Рено, Пежо, Ситроен },
   f= { (Иван, Пежо), (Стоян, Форд), (Георги, Рено), (Тони, Опел) }
   $\forall a \in A \implies \exists b \in B, f(a) = b$
   $f(\varnothing) =$ Ситроен
   f е инекция, f не е сюрекция $\implies$ f не е биекция $\implies \nexists f^{-1}$

3. $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$, $f(x) = 3x + 5$
   f е инекция, f е сюрекция $\implies$ f е биекция $\implies \exists f^{-1}$
   $$x = 3y + 5 \implies y = f^{-1}(x) = \frac{x - 5}{3}$$

4. $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$, $x > \frac{2}{7}$, $f(x) = \ln(7x-2)$
   f е инекция, f е сюрекция $\implies$ f е биекция $\implies \exists f^{-1}$

$$x = \ln(7y-2) \implies 7y - 2 = e^x \implies y = f^{-1}(x) = \frac{e^x+2}{7}$$

**Задача 3**

Да се запишат нулевия, първия, втория и третия член на редица с общ член $a_n$ от вида:

1. $(-2)^n$

$$a_0 = (-2)^0 = 1,\ a_1 = (-2)^1 = -2,\ a_2 = (-2)^2 = 4,\ a_3 = (-2)^3 = -8$$

2. $3$

$$a_0 = a_1 = a_2 = a_3 = 3$$

3. $7 + 4^n$

$$a_0 = 7 + 4^0 = 8,\ a_1 = 7 + 4^1 = 11,\ a_2 = 7 + 4^2 = 23,\ a_3 = 7 + 4^3 = 71$$

4. $2^n + (-2)^n$

$$\begin{aligned} a_0 &= 2^0 + (-2)^0 = 2 \qquad & a_1 &= 2^1 + (-2)^1 = 0 \\ a_2 &= 2^2 + (-2)^2 = 8 \qquad & a_3 &= 2^3 + (-2)^3 = 0 \end{aligned}$$

**Задача 4**

Да се запише общият член $a_n$ за всеки от посочените редове от цели числа $(n \geq 1, n \in \mathbb{N})$

1. $7, 11, 15, 19, 23, 27, 31, 35, 39, 43, ...$ - аритметична прогресия

$$a_1 = 7 \qquad d = 4 \implies a_n = a_1 + (n-1)d = 7 + (n-1)4$$

2. $2, 6, 18, 54, 162, 486, 1458, 4374, 13122, 39366, ...$ - геометрична прогресия

$$a_1 = 2 \qquad q = 3 \implies a_n = a_1 \cdot q^{n-1} = 2 \cdot 3^{n-1}$$

3. $3, 6, 11, 18, 27, 38, 51, 66, 83, 102, ...$

$$a_1 = 3 \quad a_2 = 6 = a_1 + 3 \quad a_3 = 11 = a_2 + 5 \quad a_4 = 18 = a_3 + 7$$

$$a_{n-1} = a_{n-2} + (2(n-1) - 1) = a_{n-2} + (2n - 3)$$

$$a_n = a_{n-1} + (2n - 1)$$

$$a_n = 3 + (3 + 5 + ... + (2n - 1)) = 2 + (1 + 3 + 5 + ... + (2n - 1)) =$$

$$2 + \frac{(1 + 2n - 1)n}{2} = 2 + \frac{2n \cdot n}{2} = n^2 + 2$$

**Задача 5**

Да се намери стойността на всяка от следните суми:

1. $S_9 = \sum_{k=0}^{8}(1 + (-1)^k)$

$$S_9 = \sum_{k=0}^{8}(1+(-1)^k) = 2+0+2+0+2+0+2+0+2 = 5 \cdot 2 + 4 \cdot 0 = 10$$

2. $S_4 = \sum_{k=0}^{4}(2^k + 3k)$

$$S_4 = \sum_{k=0}^{4}(2^k + 3k) = \sum_{k=0}^{4} 2^k + \sum_{k=0}^{4} 3k = \sum_{k=0}^{4} 2^k + 3\sum_{k=0}^{4} k$$

$$a_{1geo} \cdot \frac{q^4 - 1}{q - 1} + 3\frac{4(a_{1alg} + a_{4alg})}{2} = 2 \cdot \frac{2^4 - 1}{2 - 1} + 3\frac{4(1 + 4)}{2} = \frac{2 \cdot 15}{1} + \frac{3 \cdot 4 \cdot 5}{2} = 30 + 30 = 60$$

3. $S_5 = \sum_{k=0}^{4} 5 \cdot 2^k$

$$S_5 = \sum_{k=0}^{4} 5 \cdot 2^k = 5\sum_{k=0}^{4} 2^k = 5 \cdot a_0 \frac{q^5 - 1}{q - 1} = 5 \cdot 2^0 \frac{2^5 - 1}{2 - 1} = 5 \cdot 31 = 155$$

4. $S = \sum_{i=0}^{2}\sum_{j=0}^{3}(2i + 3j)$

$$S = \sum_{i=0}^{2}\sum_{j=0}^{3}(2i + 3j) = \sum_{i=0}^{2}\sum_{j=0}^{3} 2i + \sum_{i=0}^{2}\sum_{j=0}^{3} 3j =$$

$$4 \cdot 2\sum_{i=0}^{2} i + 3 \cdot 3\sum_{j=0}^{3} j = 8 \cdot \frac{(0 + 2)3}{2} + 9 \cdot \frac{(0 + 3)4}{2} = 24 + 54 = 78$$

## Задача 6

**Задача 6:** Да се пресметнат следните крайни и безкрайни суми:

1) $S_n = 1 + 2 + \ldots + n$

2) $S_n = 1^2 + 2^2 + \ldots + n^2$

3) $S_n = 1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + \ldots + (-1)^{n-1} n$

4) $S_n = 1.1 + 2.3 + +3.5 + \ldots + n.(2n-1)$

5) $S_n = \dfrac{1}{1.2} + \dfrac{1}{2.3} + \ldots + \dfrac{1}{n(n+1)}$

$S_\infty = \dfrac{1}{1.2} + \dfrac{1}{2.3} + \ldots + \dfrac{1}{n(n+1)} + \ldots$

6) $S_\infty = 1 + \dfrac{1}{2!} + \dfrac{2}{3!} + \ldots + \dfrac{n}{(n+1)!} + \ldots$

### ***Решение:***

1) $S_n = 1+2+...+n = ?$

***I начин:*** Посочената сума е сума от $n$ члена в аритметична прогресия с: $a_1 = 1$ и $a_n = n$.

Следователно: $S_n = 1+2+...+n = \dfrac{n(a_n+a_1)}{2} = \dfrac{n(n+1)}{2}$

***II начин:*** Използва се формулата: $(x+1)^2 - x^2 = 2x+1$

$$\begin{array}{ll|l} x=1 & & 2^2-1^2 = 2.1+1 \\ x=2 & + & 3^2-2^2 = 2.2+1 \\ \dots\dots & & \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ x=n & & (n+1)^2-n^2 = 2.n+1 \end{array}$$



$(n+1)^2 - 1^2 = 2(1+2+...+n)+1.n$

$(n^2+2n+1)-1^2 = 2S_n + n$

$n^2+n = 2S_n$

$S_n = \dfrac{n(n+1)}{2}$

2) $S_n = 1^2 + 2^2 + ... + n^2 = ?$

Използва се формулата: $(x+1)^3 - x^3 = 3x^2 + 3x + 1$

$$\left.\begin{array}{l} x=1 \\ x=2 \\ \cdots\cdots \\ x=n \end{array}\right. + \left|\begin{array}{l} 2^3 - 1^3 = 3.1^2 + 3.1 + 1 \\ 3^3 - 2^3 = 3.2^2 + 3.2 + 1 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ (n+1)^3 - n^3 = 3.n^2 + 3.n + 1 \end{array}\right.$$

$$(n+1)^3 - 1^3 = 3(1^2 + 2^2 + ... + n^2) + 3(1 + 2 + ... + n) + 1.n$$

$$(n^3 + 3n^2 + 3n + 1) - 1 = 3S_n + 3.\frac{n(n+1)}{2} + n$$

$$n^3 + 3n^2 + 3n - n = 3S_n + 3.\frac{n(n+1)}{2}$$

$$n^3 + 3n^2 + 2n - 3.\frac{n(n+1)}{2} = 3S_n$$

$$S_n = \frac{1}{3}\left(\frac{2n^3 + 6n^2 + 4n - 3n^2 - 3n}{2}\right) = \frac{2n^3 + 3n^2 + n}{6} = \frac{n(2n^2 + 3n + 1)}{6} = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

3) $S_n = 1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + ... + (-1)^{n-1} n = ?$

***I случай:*** $n = 2m \Rightarrow m = \dfrac{n}{2},\ m = 0, 1, ...$

$$S_n = 1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + ... + (-1)^{n-1} n = 1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + ... + (-1)^{2m-1}.2m =$$

$$= \left[1 + 3 + 5 + ... + (2m-1)\right] - \left[2 + 4 + 6 + 2m\right] = \frac{m(1 + 2m - 1)}{2} - \frac{m(2 + 2m)}{2} =$$

$$= m^2 - m^2 - m = -m = -\frac{n}{2}$$

***II случай:*** $n = 2m + 1 \Rightarrow m = \dfrac{n-1}{2},\ m = 0, 1, ...$

$$S_n = 1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + ... + (-1)^{n-1} n = 1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + ... + (-1)^{(2m+1)-1}.(2m+1) =$$

$$= \left[1 + 3 + 5 + ... + (2m+1)\right] - \left[2 + 4 + 6 + 2m\right] = \frac{(1 + 2m - 1)(m+1)}{2} - \frac{m(2 + 2m)}{2} =$$

$$= (m+1)^2 - (1+m).m = m^2 + 2m + 1 - m - m^2 = m + 1 = \frac{n-1}{2} + 1 = \frac{n+1}{2}$$

4) $S_n = 1.1 + 2.3 + +3.5 + \ldots + n.(2n-1) = ?$

Базирайки се на общия член на разглежданата сума $a_n = n(2n-1) = 2n^2 - n$, всеки от членовете в нея се представя като:

$$+\left| \begin{array}{l} a_1 = 1.1 = 2.1^2 - 1 \\ a_2 = 2.3 = 2.2^2 - 2 \\ a_3 = 3.5 = 2.3^2 - 3 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_n = n(2n-1) = 2.n^2 - n \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow S_n = \sum_{i=1}^{n} a_i = 1.1 + 2.3 + +3.5 + \ldots + n.(2n-1) = 2(1^2 + 2^2 + \ldots + n^2) - \left(1 + 2 + 3 + \ldots + n\right) =$$

$$= 2.\frac{1}{6}.\left(2n^3 + 3n^2 + n\right) - \frac{n(n+1)}{2} = \frac{4n^3 + 6n^2 + 2n - 3n^2 - 3n}{6} = \frac{4n^3 + 3n^2 - n}{6}$$

5) $S_n = \frac{1}{1.2} + \frac{1}{2.3} + \ldots + \frac{1}{n(n+1)} = ?$

Използва се формулата: $\frac{1}{x(x+1)} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x+1} \Rightarrow \begin{array}{l} x = 1 \\ x = 2 \\ \ldots\ldots \\ x = n \end{array} \quad + \left| \begin{array}{l} \frac{1}{1.2} = \frac{1}{1} - \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2.3} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \frac{1}{n(n+1)} = \frac{1}{n} - \frac{1}{n+1} \end{array} \right.$

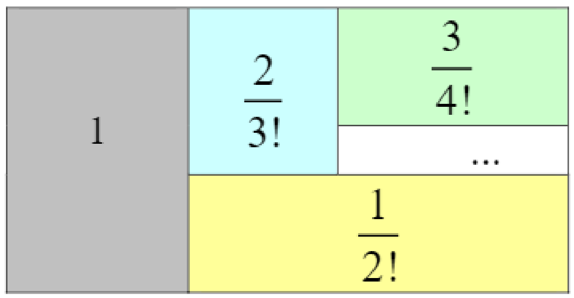
$$S_n = 1 - \frac{1}{n+1} = \frac{n+1-1}{n+1} = \frac{n}{n+1}$$

$$S_\infty = \frac{1}{1.2} + \frac{1}{2.3} + \ldots + \frac{1}{n(n+1)} + \ldots = \lim_{n\to\infty} \frac{n}{(n+1)} = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{n}\right)} = 1$$

б) $S_\infty = 1 + \frac{1}{2!} + \frac{2}{3!} + \ldots + \frac{n}{(n+1)!} + \ldots = ?$

***I начин:*** Геометрично решение

$S_\infty = 1 + \frac{1}{2!} + \frac{2}{3!} + \ldots + \frac{n}{(n+1)!} + \ldots = 2$, защото тази безкрайна сума е равна на лицето на правоъгълник със страни 1 и 2, който е разделен на нови правоъгълници по следния начин:




***II начин:*** Аналитично решение

Използва се формулата: $\frac{x-1}{x!} = \frac{1}{(x-1)!} - \frac{1}{x!}$

$$
+\left|\begin{array}{l}
x = 2 \quad \Rightarrow \frac{2-1}{1!} = \frac{1}{(2-1)!} - \frac{1}{2!} = \frac{1}{1!} - \frac{1}{2!} \\
x = 3 \quad \Rightarrow \frac{3-1}{3!} = \frac{1}{(3-1)!} - \frac{1}{3!} = \frac{1}{2!} - \frac{1}{3!} \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
x = n \quad \Rightarrow \frac{n-1}{n!} = \qquad \frac{1}{(n-1)!} - \frac{1}{n!} \\
x = n+1 \Rightarrow \frac{n}{(n+1)!} = \qquad \frac{1}{n!} - \frac{1}{(n+1)!}
\end{array}\right.
$$

$$S_n = 1 + \frac{1}{2!} + \frac{2}{3!} + \ldots + \frac{n}{(n+1)!} = 1 + \frac{1}{2!} + \frac{1}{(n+1)!} = 2 + \frac{1}{(n+1)!}$$

$$S_\infty = 1 + \frac{1}{2!} + \frac{2}{3!} + \ldots + \frac{n}{(n+1)!} + \ldots = \lim_{n\to\infty} S_n = \lim_{n\to\infty}\left(2 + \frac{1}{(n+1)!}\right) = 2$$

**Задача 7**

Нека $A = \{3, 3, 7, 15, 27\}$ Да се определи общия член във функцията на индексната променлива $n = \{1, 2, 3, 4, 5\}$.
Решение:

$$a(n) = an^2 + bn + c$$

$$\left|\begin{array}{l} a(1) = 3 = a\cdot 1^2 + b\cdot 1 + c \\ a(2) = 3 = a\cdot 2^2 + b\cdot 2 + c \\ a(3) = 7 = a\cdot 3^2 + b\cdot 3 + c \end{array}\right. \Leftrightarrow \left|\begin{array}{l} a + b + c = 3 \\ 4a + 2b + c = 3 \\ 9a + 3b + c = 7 \end{array}\right. \Leftrightarrow$$

$$\left|\begin{array}{l} c = 3 - a - b \\ 4a + 2b + 3 - a - b = 3 \\ 9a + 3b + 3 - a - b = 7 \end{array}\right. \Leftrightarrow \left|\begin{array}{l} c = 3 - a - b \\ 3a + b = 0 \\ 8a + 2b = 4 \end{array}\right. \Leftrightarrow \left|\begin{array}{l} c = 3 - a - b \\ b = -3a \\ 8a + 2(-3a) = 4 \end{array}\right. \Leftrightarrow$$

$$\left|\begin{array}{l} 8a - 6a = 4 \\ c = 3 - a - b \\ b = -3a \end{array}\right. \Leftrightarrow \left|\begin{array}{l} 2a = 4 \\ c = 3 - a - b \\ b = -3a \end{array}\right. \Leftrightarrow \left|\begin{array}{l} a = 2 \\ b = -3\cdot 2 = -6 \\ c = 3 - 2 - (-6) = 1 + 6 = 7 \end{array}\right.$$

$$a(n) = 2n^2 - 6n + 7$$

**Задача 8**

Да се намери решението на функцията спрямо $y$.

$$P(x, y) = 7x^2 - 2y^2 = 3$$

Решение:

$$7x^2 - 2y^2 = 3$$

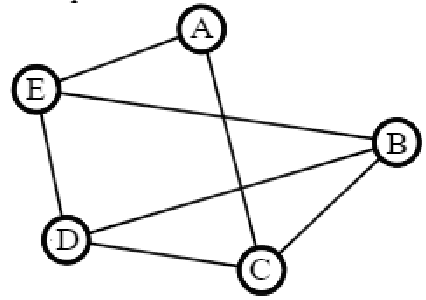
$$2y^2 = 7x^2 - 3 \Leftrightarrow y^2 = \frac{7x^2 - 3}{2} \Leftrightarrow y = \pm\sqrt{\frac{7x^2 - 3}{2}}$$

$$\frac{7x^2 - 3}{2} \geq 0 \Leftrightarrow 7x^2 - 3 \geq 0 \Leftrightarrow x^2 \geq \frac{3}{7} \Leftrightarrow x \geq \sqrt{\frac{3}{7}} \vee x \leq -\sqrt{\frac{3}{7}}$$

# 8 Упражнение 8: Графи и дървета

### Задача 1

**Задача 1:** Да се състави матрицата на съседство на следния неориентиран граф:

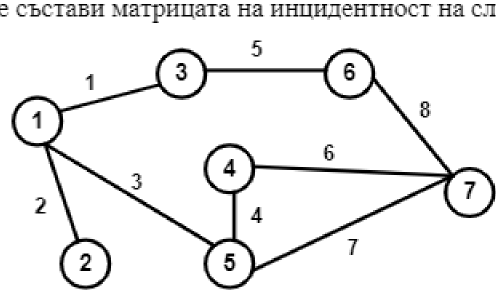



$$A_G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Извод: Матрицата на съседство на неориентиран граф е симетрична квадратна матрица, чиито елементи $(i,i)$по главния диагонал са 1, ако около съответния връх $V_i$ има примка.

### Задача 2

**Задача 2:** Да се състави матрицата на инцидентност на следния неориентиран граф:

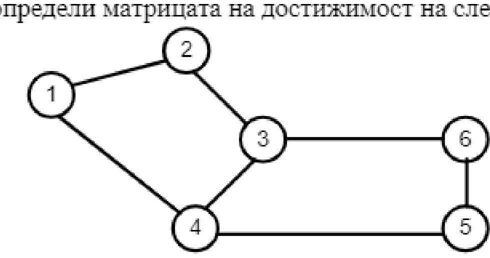


$$A_I = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Извод: Матрицата на инцидентност на неориентиран граф съдържа по две 1 в колона, съответстваща на нормално ребро и по една 1 в колона, съответстваща на ребро-примка.

## Задача 3

**Задача 3:** Да се определи матрицата на достижимост на следния неориентиран граф:




$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad A_G = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad H_1 = I \cup A_G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_G^2 = A_G \cdot A_G = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_G^3 = A_G^2 \cdot A_G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

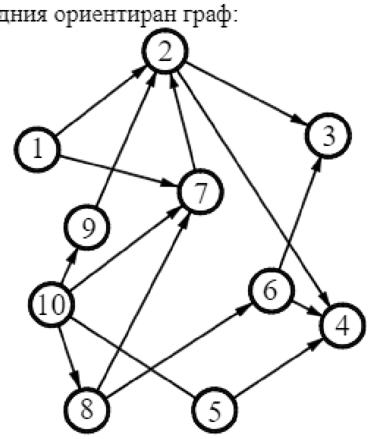
$$H_2 = I \cup A_G \cup A_G^2 = H_1 \cup A_G^2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_3 = I \cup A_G \cup A_G^2 \cup A_G^3 = H_2 \cup A_G^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Елементите на матрицата $H_3$ са само от $1 \Longrightarrow\ H_4 = H_3 \ \Longrightarrow$ Процедурата се спира.
Всеки връх от разглеждания граф е достижим от всички останали.

## Задача 4

**Задача 4:** Да се определи еквивалентен ориентиран граф, в който отделните върхове са групирани по нива, на следния ориентиран граф:




1. За всеки връх $V_i$ се определя множество $V^+(i)$ от върхове, всеки от които е начало на дъга, влизаща във върха $V_i$ както следва:
   - $V^+(1) = \varnothing$
   - $V^+(2) = \{V_1, V_9, V_7\}$
   - $V^+(3) = \{V_2, V_6\}$
   - $V^+(4) = \{V_2, V_5, V_6\}$
   - $V^+(5) = \{V_{10}\}$
   - $V^+(6) = \{V_8\}$
   - $V^+(7) = \{V_1, V_10, V_8\}$
   - $V^+(8) = \{V_{10}\}$
   - $V^+(9) = \{V_{10}\}$
   - $V^+(10) = \varnothing$

2. Определя се множеството от върхове от нулево ниво, което включва всички висящи (начални) върхове:

$$V^0 = \{V_1, V_10\}$$

3. Определя се множеството от върхове от първо ниво, което включва върхове, които са директно свързани чрез дъги единствено с върхове от нулево ниво:

$$V^1 = \{V_9, V_8, V_5\} \quad V_i \in V^1 \quad V^+(i) = V_0$$

4. Определя се множеството от върхове от второ ниво, което включва върхове, които са директно свързани чрез дъги единствено с върхове от нулево и първо ниво:

$$V^2 = \{V_7, V_6\} \quad V_i \in V^2 \quad V^+(i) = V_1$$

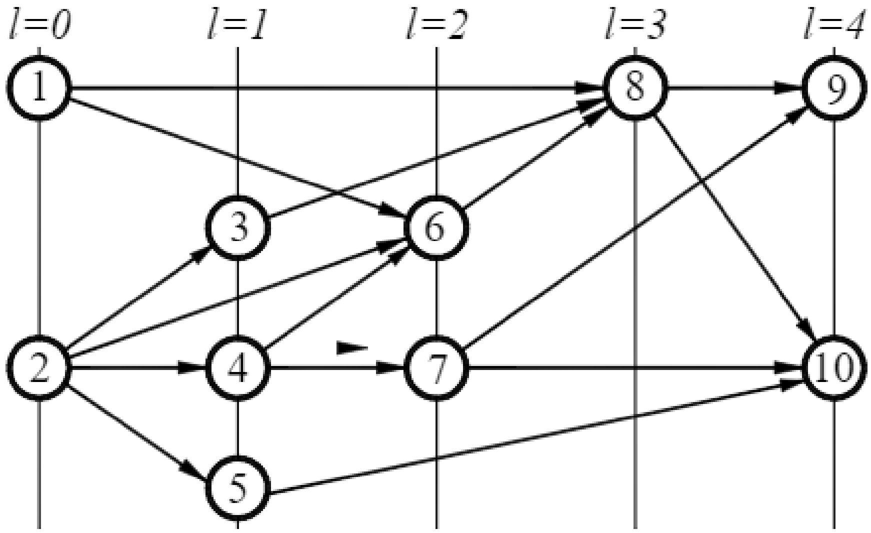
5. Определя се множеството от върхове от трето ниво, което включва върхове,които са директно свързани чрез дъги с върхове от нулево, първо и второ ниво:

$$V^3 = \{V_2\} \quad V_i \in V^3 \quad V^+(i) = V_2$$

6. Определя се множеството от върхове от четвърто ниво, което включва върхове, които са директно свързани чрез дъги с върхове от нулево, първо, второ и трето ниво:

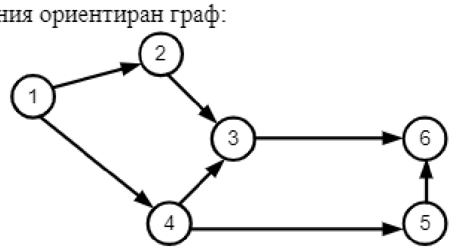
$$V^4 = \{V_3, V_9\} \quad V_i \in V^4 \quad V^+(i) = V_3$$

7. Преномерират се върховете в новия граф (не е задължително).

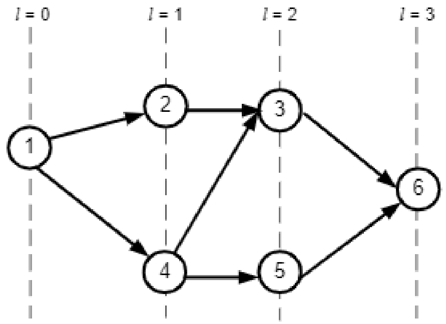



**Задача 5**

**Задача 5:** Да се определи матрицата на достижимост и броя на възможните пътища между върховете на следния ориентиран граф:




1. Определя се еквивалентния ориентиран граф, в който отделните върхове са групирани по нива, както следва:




2. Формира се единична квадратна матрица от вида:

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \Longrightarrow \quad H^0 = I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3. Формира се матрицата на достижимост до върховете от ниво 1 -$H^1$:

$$H^{(0-1)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \Longrightarrow \quad H^1 = H^{(0-1)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4. Формира се матрицата на достижимост до върховете от ниво 2 -$H^2$:

$$H^{(1-2)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \Longrightarrow \quad H^2 = H^{(1-2)} + H^1 \cdot H^{(1-2)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

5. Формира се матрицата на достижимост до върховете от ниво 3 -$H^3$:

$$H^{(2-3)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \Longrightarrow \quad H^3 = H^{(2-3)} + H^2 \cdot H^{(2-3)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

6. Определя се окончателната матрица на достижимост:

$$H = H^0 \cup H^1 \cup H^2 \cup H^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

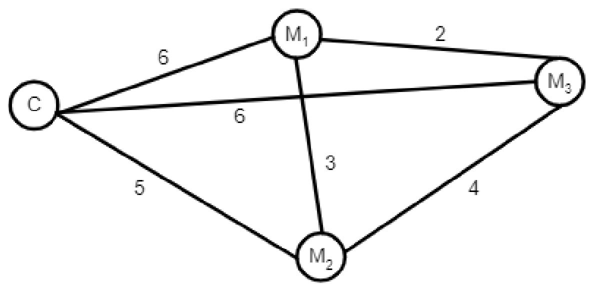
7. Определя се броя на възможните пътища между върховете на ориентиранияграф:

$$H = H^0 + H^1 + H^2 + H^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

## Задача 6

**Задача 6: Задача за търговския пътник**

Доставчик снабдява 3 магазина - $M_1, M_2, M_3$. Той взима стоката от склад С, разнася я по магазините и се прибира отново в склада. Разстоянията между отделните обекти са посочени на долния граф. Да се определи пътя, който ще измине доставчика, така че да снабди със стока всеки от магазините и едновременно с това да минимизира разходите си.



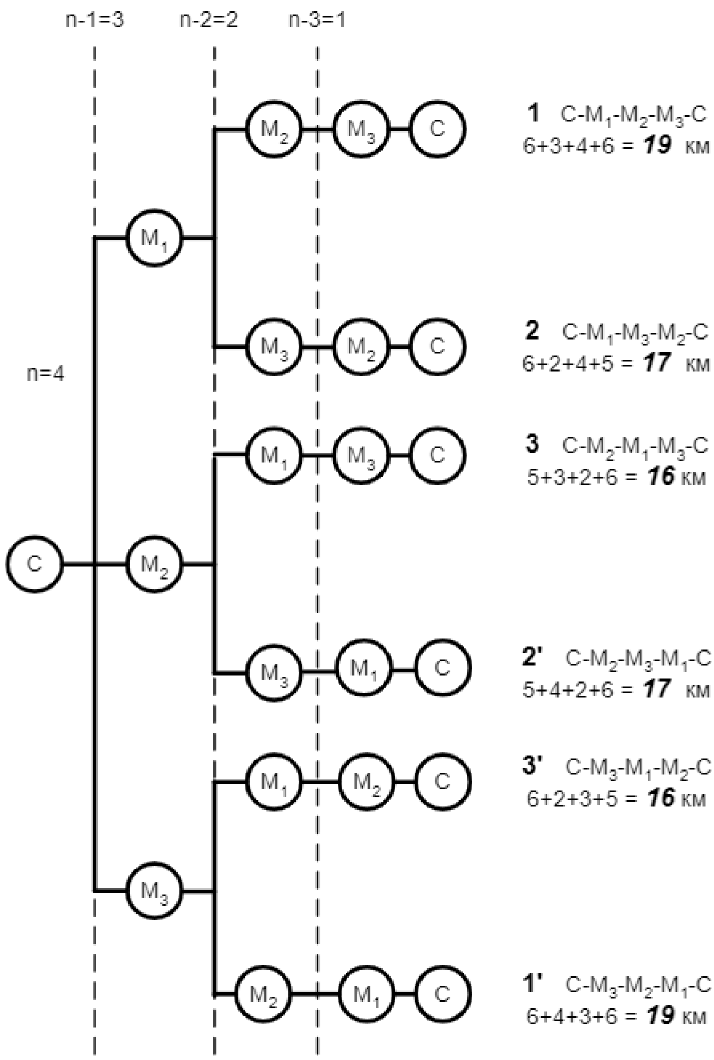

Решение:
Необходимо е доставчикът да опише т.нар Хамилтонов контур, т.е. тръгвайки от склада С да мине последователно през всеки от магазините само по веднъж и отново да се върне в склада. В случая броя на върховете на неориентирания граф е $n = 4$. Следователно максималният брой различни Хамилтонови контури е $\frac{(n-1)!}{2} = \frac{3!}{2} = 3$, защото:

1. Фиксира се даден връх за $N_1$.

2. От връх $N_1$ може да се отиде до $(n-1)$ - нови върха, всеки от които може да се означи с връх $N_2$

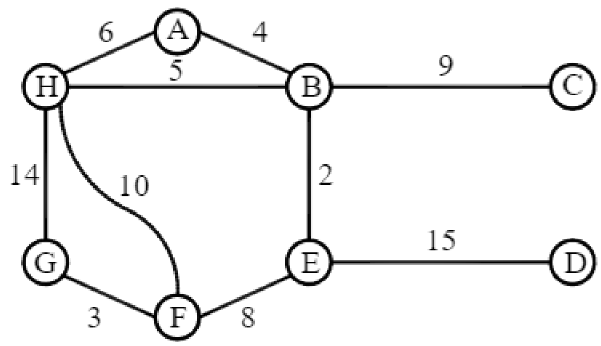
3. При фиксирани връхове $N_1$ и $N_2$ от връх $N_2$ може да се отиде до $(n-2)$ - нови върха, всеки от които може да се означи с връх $N_1$ и т.н.

$\Longrightarrow$ Общият брой Хамилтонови контури е $(n-1)!$ -, но всеки два от тях са еднакви, но с противоположна посока на обхождане $\Longrightarrow$ бщият брой Хамилтонови контури е $\frac{(n-1)!}{2}$.
Решението на конкретната задача ще се визуализира чрез моделиране на възможните Хамилтонови контури, използвайки граф-дърво.
От дървото се вижда, че двойките контурите 1-1', 2-2' и 3-3' са с равна дължина, но с обратна последователност на обхождане и най-краткият път е 3 (респ.3'),чиято дължина е 16км.

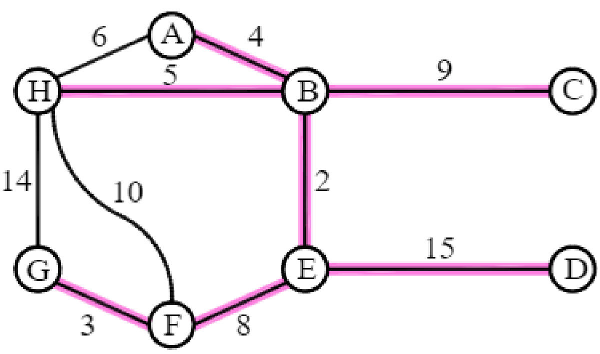

n-1=3
n-2=2
n-3=1
n=4
C
M1
M2
M3
1 C-M1-M2-M3-C
6+3+4+6 = 19 км
2 C-M1-M3-M2-C
6+2+4+5 = 17 км
3 C-M2-M1-M3-C
5+3+2+6 = 16 км
2' C-M2-M3-M1-C
5+4+2+6 = 17 км
3' C-M3-M1-M2-C
6+2+3+5 = 16 км
1' C-M3-M2-M1-C
6+4+3+6 = 19 км

## Задача 7

**Задача 7:** За посочения неориентиран граф с тегла на ребрата да се определи минимално покриващо дърво по метода на Крускал.




Последователността на присвояване на ребра на графа към МПД, съгласно алгоритъма на Крускал е следната: (B, E), (G, F), (A, B), (H,B), (F,E), (B,C), (E,D).
Резултантното МПД е показано на следващата фигура: Съответстващата

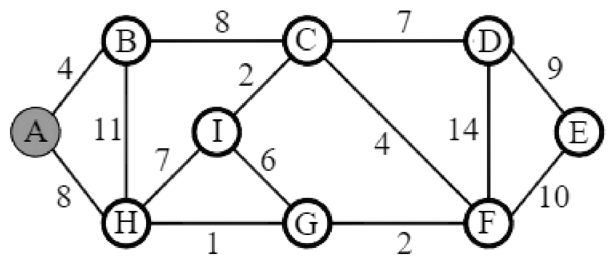



сума от тегловни коефициентина принадлежащите му ребра, е:

$$2 + 3 + 4 + 5 + 8 + 9 + 15 = 46$$

## Задача 8

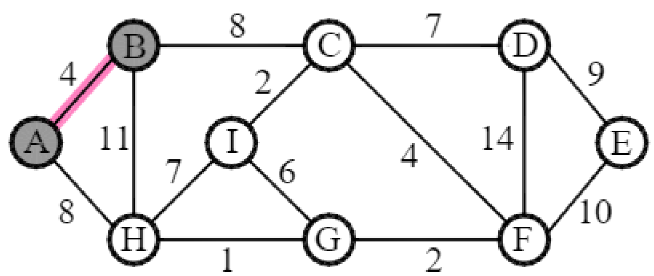
**Задача 8:** За посочения неориентиран граф с тегла на ребрата да се определи минимално покриващо дърво по метода на Прим, като се приеме възел $A$ за начален.




***Решение:***

Последователността на присвояване на ребра на графа към МПД, съгласно алгоритъма на Прим е показана на следващата фигура:

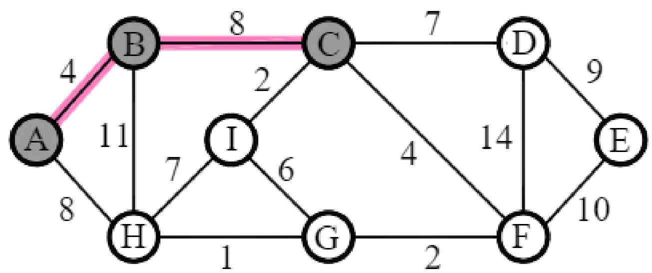
1)



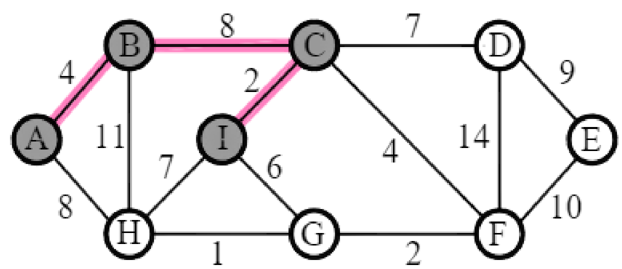

Съответстващата сума от тегловни коефициентина принадлежащите му ребра, е:

$$4 + 8 + 2 + 4 + 2 + 1 + 7 + 9 = 37$$

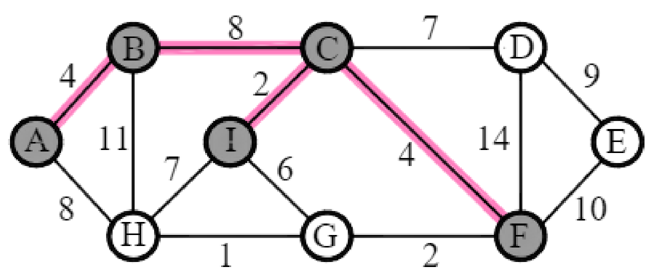
2)


A
B
C
D
E
F
G
H
I
4
8
11
7
2
6
1
2
4
14
7
9
10
8

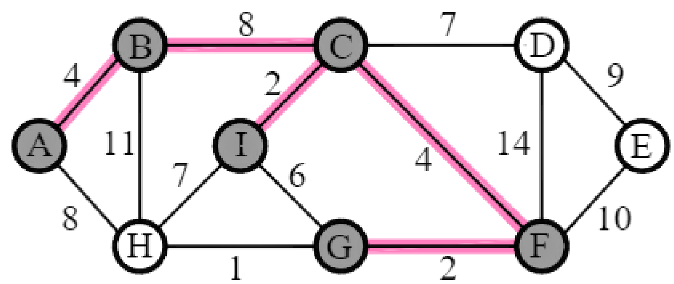
3)


A
B
C
D
E
F
G
H
I
4
8
11
7
2
6
1
2
4
14
7
9
10
8

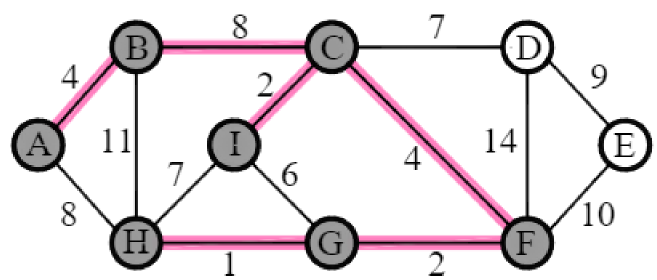
4)


A
B
C
D
E
F
G
H
I
4
8
11
7
2
6
1
2
4
14
7
9
10
8

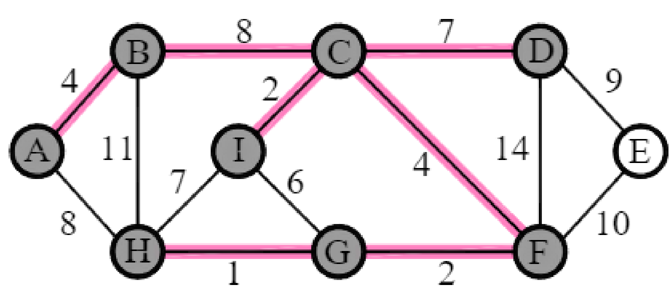
5)


A
B
C
D
E
F
G
H
I
4
8
7
9
11
2
4
14
7
6
8
10
1
2

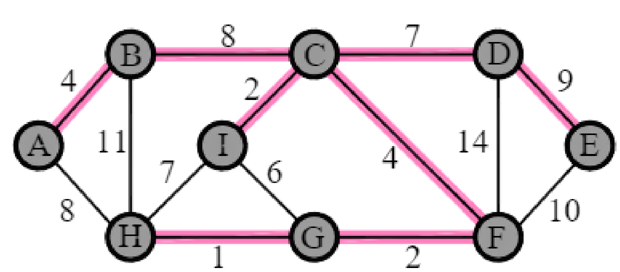
6)


A
B
C
D
E
F
G
H
I
4
8
7
9
11
2
4
14
7
6
8
10
1
2

7)


A
B
C
D
E
F
G
H
I
4
8
7
9
11
2
4
14
7
6
8
10
1
2

8)


A
B
C
D
E
F
G
H
I
4
8
7
9
11
2
4
14
7
6
8
10
1
2

# 9 Упражнение 9: Комбинаторика

### Задача 1

Колко различникомбинации на 5-разрядни числа могат да се съставят, ако се работи с двоична, десетична бройна система?
Решение:

### Възможно е повтаряне

Двоична бройна система

| 1ви разряд | 2ри разряд | 3ти разряд | 4ти разряд | 5ти разряд | Комбинации |
|---|---|---|---|---|---|
| 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | $2^5 = 32$ |

Десетична бройна система

| 1ви разряд | 2ри разряд | 3ти разряд | 4ти разряд | 5ти разряд | Комбинации |
|---|---|---|---|---|---|
| 0-9 | 0-9 | 0-9 | 0-9 | 0-9 | |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | $10^5 = 32$ |

### Не е възможно е повтаряне

Двоична бройна система - не е възможно защото трябва да се разпределят 2 цифри в 5 позиции.
Десетична бройна система

| 1ви разряд | 2ри разряд | 3ти разряд | 4ти разряд | 5ти разряд | Комбинации |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 числа | 9 числа | 8 числа | 7числа | 6 числа | $10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 = 30240$ |

**Задача 2**

Компютърна лаборатория разполага с 5 вида маси, 6 вида столове и 3 типа компютърни конфигурации.

1. Колко възможни начина на съчетаване на маса, стол и компютър могат да се получат?

2. Ако на всяко възможно работно място съответства по един студент, то колко възможни начина на съчетаване на маса, стол, компютър и студент могат да се получат?

Решение:
1.

| Маси | Столове | Компютри | Комбинации |
|---|---|---|---|
| 5 | 6 | 3 | $5 \cdot 6 \cdot 3 = 90$ |

2.

| Маси | Столове | Компютри | Комбинации (М-С-К) | Студенти | Комбинации (М-С-К-Ст) |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 6 | 3 | $5 \cdot 6 \cdot 3 = 90$ | 90 | $5 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 90 = 8100$ |

**Задача 3**

Нека разгледаме краен автомат, чиято входна азбука се състои от 4 букви - $a, b, c, d$.
Колко различни думи може да разпознае автомата, ако във всяка дума буквите $a, b, c, d$ срещат както следва:

| | |
|---|---|
| a | 3 |
| b | 2 |
| c | 1 |
| d | 4 |

$$k = 4 \quad n_1 = 3 \quad n_2 = 2 \quad n_3 = 1 \quad n_4 = 4 \implies n = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 = 10$$

$$P(n_1, n_2, ..., n_k) = \frac{n!}{n_1!n_2!...n_k!} = \frac{n!}{n_1!n_2!n_3!n_4!} = \frac{10!}{3!2!1!4!} = 12600$$

### Задача 4

Необходимо е да се изберат 4 души от студентска група от 10 човека. Какъв е максималният възможен брой комбинации от 4-ма студента, които да се изберат?
Решение:

$$C_n^k = \frac{n!}{(n-k)!k!} \qquad n = 10 \quad k = 4 \implies \frac{10!}{(10-4)!4!} = 210$$

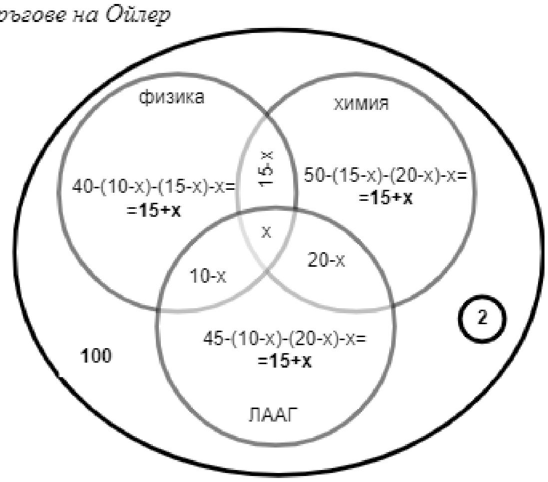
### Задача 5

Нека общият брой на студентите от ФКСУ е 100. Част от тях са взели своите изпити по следния начин:

| Брой студенти | Дисциплина |
|---|---|
| $N(\alpha_1) = 40$ | физика |
| $N(\alpha_2) = 50$ | химия |
| $N(\alpha_3) = 45$ | ЛААГ |
| $N(\alpha_1, \alpha_2) = 15$ | физика и химия |
| $N(\alpha_2, \alpha_3) = 20$ | химия и ЛААГ |
| $N(\alpha_1, \alpha_3) = 10$ | физика и ЛААГ |
| $N(\overline{\alpha_1}, \overline{\alpha_2}, \overline{\alpha_3}) = 2$ | нито един |

Има ли студенти от ФКСУ, които са взели всеки от горепосочените изпити?

***I начин:*** Чрез *кръгове на Ойлер*



$$100 = (15 + x) + (15 + x) + (15 + x) + (15 - x) + (10 - x) + (20 - x) + x + 2$$
$$100 = x + 2 + 15 + 15 + 15 + 15 + 10 + 20$$
$$100 = x + 92 \implies x = 8$$

*II начин:* Чрез *прилагане на основната теорема в комбинаториката (теорема за принадлежност и непринадлежност към дадено множество)*: Нека имаме $N$ обекта и $n$ свойства - $\alpha_1$, $\alpha_2$, ..., $\alpha_n$ и всеки обект може да притежава повече от 1 или нито 1 свойство. Нека

$N(\alpha_i)$ - брой обекти, притежаващи само свойство $\alpha_i$;

$N(\alpha_i, \alpha_j)$ - брой обекти, притежаващи едновременно свойствата $\alpha_i$ и $\alpha_j$;

$N(\overline{\alpha_i}, \overline{\alpha_j})$ - брой обекти, непритежаващи едновременно свойствата $\alpha_i$ и $\alpha_j$;

и т.н.

Тогава броят на обектите, непритежаващи едновременно нито едно от посочените свойства, е:

$$N = N(\overline{\alpha_1}, \overline{\alpha_2}, ..., \overline{\alpha_n}) + \left(N(\alpha_1) + N(\alpha_2) + ... + N(\alpha_n)\right) - \left(N(\alpha_1, \alpha_2) + N(\alpha_1, \alpha_3) + N(\alpha_1, \alpha_4) + ... + N(\alpha_{n-1}, \alpha_n)\right) - $$
$$+ \left(N(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) + ... + N(\alpha_{n-2}, \alpha_{n-1}, \alpha_n)\right) + ... + (-1)^{n+1} N(\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_n)$$

т.е.

$$\left.\begin{array}{l} N(\alpha_1) = 40 \\ N(\alpha_2) = 50 \\ N(\alpha_3) = 45 \\ N(\alpha_1, \alpha_2) = 15 \\ N(\alpha_2, \alpha_3) = 20 \\ N(\alpha_1, \alpha_3) = 10 \\ N(\overline{\alpha}_1, \overline{\alpha}_2, \overline{\alpha}_3) = 2 \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} N = \left(N(\alpha_1) + N(\alpha_2) + N(\alpha_3)\right) - \left(N(\alpha_1, \alpha_2) + N(\alpha_1, \alpha_3) + N(\alpha_2, \alpha_3)\right) + N(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) + \\ + N(\overline{\alpha_1}, \overline{\alpha_2}, \overline{\alpha_3}) \end{array}$$

$$N(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = N - \left(N(\alpha_1) + N(\alpha_2) + N(\alpha_3)\right) + \left(N(\alpha_1, \alpha_2) + N(\alpha_1, \alpha_3) + N(\alpha_2, \alpha_3)\right) - N(\overline{\alpha_1}, \overline{\alpha_2}, \overline{\alpha_3}) =$$
$$= 100 - (40 + 50 + 45) + (15 + 20 + 10) - 2 = 100 - 135 + 45 - 2 = 100 - 90 - 2 = \mathbf{8}$$

Следователно, 8 студента са взели и трите горепосочени изпита.

## Задача 6

Имаме 4 еднакви топчета и 2 различни кутии.
Колко са възможните комбинации за поставяне на топчетата в кутиите?

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| I кутия | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| II кутия | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |

Отговор: 5

### Задача 7

Какъв е броят на делителите на числото 400?

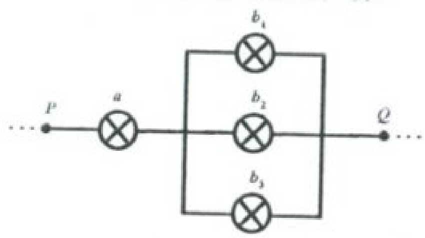
$N = p_1^{n_1} \cdot p_2^{n_2} \cdot ... p_k^{n_k}$
$400 = 4 \cdot 100 = 4 \cdot 4 \cdot 25 = 2^4 \cdot 5^2 = p_1^{n_1} \cdot p_2^{n_2}$
$N = (n_1 + 1) \cdot (n_2 + 1) \cdot ...(n_k + 1) = (4 + 1) \cdot (2 + 1) = 5 \cdot 3 = 15$

# 10 Упражнение 10: Вероятности

### Задача 1

**Задача 1:** За показания участък от електрическа верига могат да възникнат следните събития:

$A$ – изгаряне на светодиод $a$;
$B_1$ – изгаряне на светодиод $b_1$;
$B_2$ – изгаряне на светодиод $b_2$;
$B_3$ – изгаряне на светодиод $b_3$;
C – изгасване на всички светодиоди.




Да се изразят събитията $C$ и $\overline{C}$ чрез събитията $A$, $B_1$, $B_2$ и $B_3$ !

Решение:
Светодиодите ще изгаснат (настъпва събитие C), ако настъпи събитие A или едновременно настъпят и трите събития $B_1, B_2, B_3$, т.е

$$C = A + B_1 \cdot B_2 \cdot B_3$$

Съответният израз за противоположното събитие се получава като

$$\overline{C} = \overline{A + B_1 \cdot B_2 \cdot B_3} = \overline{A} \cdot \overline{B_1 \cdot B_2 \cdot B_3} = \overline{A} \cdot (\overline{B_1} + \overline{B_2} + \overline{B_3})$$

### Задача 2

Дадено е устройство, състоящо се от два модула - a и b. Модул a се състои от два блока, а модул b- от три. Дефинирани са следните събития

- $A_1$ - блок $a_1$ е в изправност.
- $A_2$ - блок $a_2$ е в изправност.
- $B_1$ - блок $b_1$ е в изправност.

- $B_2$ - блок $b_2$ е в изправност.
- $B_3$ - блок $b_3$ е в изправност.

Устройството работи(събитие C), когато е в изправност поне един блок от модул a и не по малко от два блока от модул b. Да се изрази събитието C чрез останалите.
Решение:

$$A = A_1 + A_2 + A_1 \cdot A_2 \qquad B = B_1 \cdot B_2 + B_2 \cdot B_3 + B_3 \cdot B_1 + B_1 \cdot B_2 \cdot B_3$$
$$C = A \cdot B = (A_1 + A_2 + A_1 \cdot A_2) \cdot (B_1 \cdot B_2 + B_2 \cdot B_3 + B_3 \cdot B_1 + B_1 \cdot B_2 \cdot B_3)$$

**Задача 3**

Да се докаже, че събитията $A, \overline{A} \cdot B, \overline{A + B}$ образуват пълна група събития.
Решение:

$$\begin{aligned}
&A \cdot \overline{A} \cdot B = \varnothing \cdot B = \varnothing \\
&A \cdot \overline{A + B} = A \cdot \overline{A} \cdot \overline{B} = \varnothing \cdot B = \varnothing \\
&\overline{A} \cdot B \cdot \overline{A} \cdot \overline{B} = \overline{A} \cdot \overline{A} \cdot B \cdot \overline{B} = \overline{A} \cdot \varnothing = \varnothing \\
&A + \overline{A} \cdot B + \overline{A + B} = A + \overline{A} \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B} = \\
&A + \overline{A} \cdot (B + \overline{B}) = A + \overline{A} \cdot U = A + \overline{A} = U
\end{aligned}$$

От първите 3 уравнения $\implies$ не са съвместими $\implies$ образуват пълна група събития

**Задача 4**

Разполагаме с два различни зара, които се хвърлят едновременно. Нека се дефинират следните събития:

- A - Поне единият зар се е паднал 1 точка.
- B - Сумата от точки върху двата зара е четно число.

Да се определят вероятносттите

- $P(A \cdot B)$
- $P(\overline{A} \cdot B)$

$$n = 6 \cdot 6 = 36$$
$$A \cdot B = \{E_1 \cdot E_1, E_1 \cdot E_3, E_3 \cdot E_1, E_1 \cdot E_5, E_5 \cdot E_1\} \implies m = 5$$
$$P(A \cdot B) = \frac{m}{n} = \frac{5}{36}$$
$$\overline{A} \cdot B = \{E_2 \cdot E_2, E_2 \cdot E_4, E_2 \cdot E_6 E_3 \cdot E_3, E_3 \cdot E_5, E_4 \cdot E_4, E_4 \cdot E_2,$$
$$E_4 \cdot E_6, E_5 \cdot E_5, E_5 \cdot E_3, E_6 \cdot E_6, E_6 \cdot E_2, E_6 \cdot E_4,\} \implies m = 13$$
$$P(\overline{A} \cdot B) = \frac{m}{n} = \frac{13}{36}$$

**Задача 5**

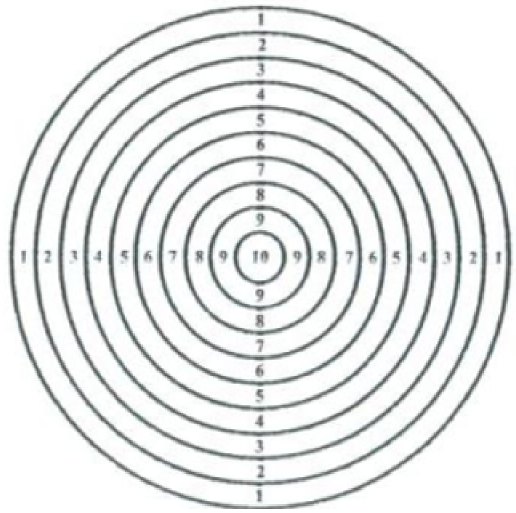
Върху картончета е написана всяка от цифрите 0-9 само по веднъж. Каква е вероятността след поставянето им в кутия и изваждането им оттам със затворени очи цифрите да са подредени по намаляващ ред в зависимост от последователността на изваждането им?
Решение:
Цифри: 0-9 $\implies$ 10 карточета които се подреждат по 10! начина $\implies$ $n = 10!$
Благоприятни изходи: $m = 1$, Да извадим тази подредба $(9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1)$

$$P = \frac{m}{n} = \frac{1}{10!}$$

**Задача 6**

Дадена е мишена. Радиусът на най външния кръг е 10см, а най вътрешния 1см. Движейки се навътре радиусите намаляват с 1см. Да се определи

- Каква е вероятността при произволно стреляне да се улучи всяка зона?
- Каква е вероятността при произволно стреляне да се улучи зона 5,6,7,8?




$$\left|\begin{array}{l} S_{10} = \pi r_{10}^2 = 100\pi \\ S_9 = \pi r_9^2 = 81\pi \\ S_8 = \pi r_8^2 = 8^2\pi = 64\pi \\ S_7 = \pi r_7^2 = 7^2\pi = 49\pi \\ S_6 = \pi r_6^2 = 6^2\pi = 36\pi \\ S_5 = \pi r_5^2 = 5^2\pi = 25\pi \\ S_4 = \pi r_4^2 = 4^2\pi = 16\pi \\ S_3 = \pi r_3^2 = 3^2\pi = 9\pi \\ S_2 = \pi r_2^2 = 2^2\pi = 4\pi \\ S_1 = \pi r_1^2 = 1\pi \end{array}\right. \Longrightarrow \left|\begin{array}{l} m_1 = S_{10} - S_9 = 19\pi \\ m_2 = S_9 - S_8 = 17\pi \\ m_3 = S_8 - S_7 = 15\pi \\ m_4 = S_7 - S_6 = 13\pi \\ m_5 = S_6 - S_5 = 11\pi \\ m_6 = S_5 - S_4 = 9\pi \\ m_7 = S_4 - S_3 = 7\pi \\ m_8 = S_3 - S_2 = 5\pi \\ m_9 = S_2 - S_1 = 3\pi \\ m_{10} = S_1 = \pi \end{array}\right.$$

$n = 100\pi$

$$\left|\begin{array}{l} P(A_1) = \frac{m_1}{n} = \frac{19\pi}{100\pi} = 0.19 \\ P(A_2) = \frac{m_2}{n} = \frac{17\pi}{100\pi} = 0.17 \\ P(A_3) = \frac{m_3}{n} = \frac{15\pi}{100\pi} = 0.15 \\ P(A_4) = \frac{m_4}{n} = \frac{13\pi}{100\pi} = 0.13 \\ P(A_5) = \frac{m_5}{n} = \frac{11\pi}{100\pi} = 0.11 \\ P(A_6) = \frac{m_6}{n} = \frac{9\pi}{100\pi} = 0.09 \\ P(A_7) = \frac{m_7}{n} = \frac{7\pi}{100\pi} = 0.07 \\ P(A_8) = \frac{m_8}{n} = \frac{5\pi}{100\pi} = 0.05 \\ P(A_9) = \frac{m_9}{n} = \frac{3\pi}{100\pi} = 0.03 \\ P(A_{10}) = \frac{m_{10}}{n} = \frac{\pi}{100\pi} = 0.01 \end{array}\right.$$

$P = P(A_5) + P(A_6) + P(A_7) + P(A_8) = 0.11 + 0.09 + 0.07 + 0.05 = 0.32$

**Задача 7**

Нека разлгедаме две фирми. На всеки 100 продукта доставени в първата фирма, 75 % са български, а във втората фирма - 50 %. Каква е вероятността дадена стока да е от български производител, ако е закупена от първата фирма и от втората.
A - Покупка на стока произведена в България.
B - Закупена от първа/втора фирма.

$$P(A/B) = \frac{75}{100} = 0.75$$

$$P(A/B) = \frac{50}{100} = 0.5$$

**Задача 8**

Вероятността да се появи ненулев потенциал върху корпуса на уред ориентиран към земята е 0.3. 99% от дефектно-токовите защити сработват и прекъсват веригата. Каква е вероятността да сработи защитата.
A - поява се ненулев потенциал.
B - сработване на дефектно-токова защита.

$$P(A \cdot B) = P(A) \cdot P(B/A) = 0.3 \cdot 0.99 = 0.297$$

**Задача 9**

Дадени са три несъвместими събития A,B,C. При провеждане на опит всяко от тях може да настъпи с вероятност $P(A) = 0.18,\ P(B) = 0.5,\ P(C) = 0.02$ Каква е вероятността да настъпи поне едно от събитията

$$P(A + B + C) = P(A) + P(B) + P(C) = 0.18 + 0.5 + 0.02 = 0.7$$

**Задача 10**

Дадена е електрическа верига, в която могат да възникнат следните събития

- $A_1$ - изгаряне на светодиод $a_1$ с вероятност $P(A_1) = 0.7$.
- $A_2$ - изгаряне на светодиод $a_2$ с вероятност $P(A_2) = 0.5$.

- $B_1$ - изгаряне на светодиод $b_1$ с вероятност $P(B_1) = 0.2$.
- $B_2$ - изгаряне на светодиод $b_2$ с вероятност $P(B_2) = 0.1$.
- $B_3$ - изгаряне на светодиод $b_3$ с вероятност $P(B_3) = 0.3$.

Каква е вероятността нито един да не свети.

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B)$$
$$P(A) = P(A_1) + P(A_2) - P(A_1) \cdot P(A_2) = 0.7 + 0.5 - 0.7 \cdot 0.5 = 0.85$$
$$P(B) = P(B_1) \cdot P(B_2) \cdot P(B_3) = 0.2 \cdot 0.1 \cdot 0.3 = 0.006$$
$$P(A + B) = 0.85 + 0.006 - 0.85 \cdot 0.006 = 0.8509$$

**Задача 11**

В непрозрачна кутия са поставени три цвята топки - червени, сини, зелени. При боядисването някои са оцветени неравномерно.

| Цвят | Червен | Син | Зелен |
|---|---|---|---|
| Общо количество | 50% | 10% | 40 % |
| Неравномерно оцветени | 2 % | 5% | 1% |

Каква е вероятността да се извади неравномерно оцветена.
A - Извадената топка е неравномерно оцветена.
$_r$ - Извадената топка е червена
$_b$ - Извадената топка е синя
$_g$ - Извадената топка е зелена

$$P(H_r) = \frac{50}{100} = 0.5 \implies P\left(\frac{A}{H_r}\right) = \frac{2}{100} = 0.02$$
$$P(H_b) = \frac{10}{100} = 0.1 \implies P\left(\frac{A}{H_b}\right) = \frac{5}{100} = 0.05$$
$$P(H_g) = \frac{40}{100} = 0.4 \implies P\left(\frac{A}{H_b}\right) = \frac{1}{100} = 0.01$$
$$P(A) = P(H_r) \cdot P\left(\frac{A}{H_r}\right) + P(H_b) \cdot P\left(\frac{A}{H_b}\right) + P(H_g) \cdot P\left(\frac{A}{H_g}\right) =$$
$$0.5 \cdot 0.02 + 0.1 \cdot 0.05 + 0.4 \cdot 0.01 = 0.019$$

**Задача 12:** Фирма произвежда един и същи модел ботуши съответно от естествена и от изкуствена кожа. В една от доставките си (само на този модел) в даден магазин 40 % от ботушите били от естествена кожа. Вероятността да са здрави ботушите от естествена кожа в продължение на 5 сезона е 0.9, а тези от изкуствена – 0.5. Клиент си закупил ботуши от дадения магазин и те били здрави 7 сезона. Каква е вероятността закупените ботуши да са от естествена кожа?

***Решение:***

Нека събитието $A$ е „Закупените ботуши са били здрави 7 сезона.“.

Налични са следните хипотези:

$H_{ест.}$ – Ботушите са изработени от естествена кожа. $\Rightarrow P(H_{ест.}) = \frac{40}{100} = 0.4 \Rightarrow P\left(A/H_{ест.}\right) = \frac{90}{100} = 0.9$

$H_{изк.}$ – Ботушите са изработени от изкуствена кожа. $\Rightarrow P(H_{изк.}) = \frac{60}{100} = 0.6 \Rightarrow P\left(A/H_{изк.}\right) = \frac{50}{100} = 0.5$

$$P(A) = P(H_{ест.}).P\left(A/H_{ест.}\right) + P(H_{изк.}).P\left(A/H_{изк.}\right) =$$
$$= 0.4.0.9 + 0.6.0.5 = 0.36 + 0.3 = 0.66$$

Тогава вероятността за настъпване на събитието $A$ е:

$$P\left(H_{ест}/A\right) = \frac{m}{n} = \frac{P\left(H_{ест.}\right).P\left(A/H_{ест.}\right)}{P(A)} = \frac{0.4.0.9}{0.66} = \frac{0.36}{0.66} = \frac{6}{11} = 0.5455\,,$$

където: $m$ – брой благоприятни събития;

$n$ – общ брой възможни събития.

# 11 Упражнение 11

# 12 Упражнение 12

## 13 Упражнение 13